


COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-DIX-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1944.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1944

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUILLET 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Ludovic Mrazec**, mort victime d'un bombardement aérien à Bucarest, le 9 juin 1944.

Notice nécrologique sur Ludovic Mrazec (1867-1944),
par M. **Charles Jacob**.

La semaine dernière nous est parvenue l'annonce de la mort de M. **Ludovic Mrazec**, grièvement blessé au cours d'un bombardement, le 4 juin, et décédé le 9, à Bucarest. Cette fin prive plusieurs d'entre nous, et aussi notre pays, d'un grand ami.

Né le 17 juillet 1867, à Craïova, en Valachie occidentale, d'une famille de pharmaciens, il fit ses premières études à l'Université de Bucarest; puis on le trouve à Genève, chez Louis Duparc, où il passa son doctorat et devint rapidement *privat-docent*. Dès cette époque, de 1891 à 1894, et comme son patron d'alors, il venait souvent travailler à Paris, notamment au Collège de France, pour rencontrer, aux côtés de Ferdinand Fouqué, Auguste Michel-Lévy et M. Alfred Lacroix, attelés tous trois aux belles recherches pétrographiques que l'on connaît.

Rappelé en 1894 en Roumanie, il accédait à la chaire de Minéralogie de l'Université de Bucarest, qu'il a occupée de longues années. D'autres fonctions, nombreuses et parmi les plus hautes, l'ont également occupé : Directeur de Commissions du pétrole et d'électrification, fondateur en 1903 et Directeur

jusqu'en 1930 de l'Institut géologique de Roumanie, dont il a fait un modèle, orienté dans de multiples directions aussi bien théoriques qu'appliquées, Ministre du Commerce et de l'Industrie dans trois cabinets successifs, Membre, en 1905, de l'Académie roumaine qu'il a présidée de 1932 à 1935, L. Mrazec était devenu l'une des personnalités scientifiques les plus marquantes de son pays. Aussi de nombreuses Académies, Sociétés et Universités étrangères ont-elles tenu à se l'attacher : nous-mêmes, le 23 mars 1936, nous l'avions élu Correspondant de notre Section de Minéralogie.

Une analyse rapide de ses travaux essayera d'en dégager quelques points majeurs.

Durant la période de Genève, L. Mrazec a étudié, avec L. Duparc, le Mont-Blanc et, en 1898, ils ont signé en commun une jolie monographie, qu'on consulte encore, aussi bien à propos de la structure du massif que pour ses roches éruptives, en particulier la protogine. Avec Duparc également, il était allé dans l'Oural, et ils ont publié, en 1904, dans les Mémoires du Comité géologique russe, un travail sur la région de Troïtsk au Nord-Est de Perm, intéressante par ses roches éruptives et ses minerais de fer.

C'est cependant en Roumanie que s'est surtout assise et développée son activité. Poursuivant d'abord des études pétrographiques en Dobroudja, au Sud du delta du Danube, puis dans les Carpathes, on le voit ensuite s'attacher au recensement général des gisements de sel et autres accumulations de minéraux utiles, en particulier à la reconnaissance des bassins pétrolifères.

En Dobroudja, reconnaissant l'existence d'une chaîne plissée, d'âge anté-néoconien, dirigée Est-Ouest et se prolongeant en Crimée, il l'a dénommée *chaîne cimmérienne*. E. Suess a repris et étendu la notion, dont l'intérêt a été reconnu dans bien des régions du monde.

Dans les Carpathes, Mrazec a été le premier, avec Murgeanu, à parler de charriages, peut-être avec quelque exagération. Il en reste toutefois une subdivision précise des Carpathes orientales ou moldaves en une série de zones longitudinales, plus ou moins chevauchantes, d'autant plus jeunes, c'est là le point essentiel, qu'on se déplace vers l'extérieur de la chaîne. Ce sont d'abord des masses cristallines profondes enveloppées de terrains secondaires, avec une mise en place tectonique à l'Aptien, conception justifiée par le développement formidable à ce niveau de conglomérats du type de ceux des Monts Bucegi. Vers l'Est et le Sud, il leur succède des bandes de Flysch, s'échelonnant jusqu'au Nummulitique élevé. Plus à l'extérieur encore vient une zone dite *subcarpathique* ou encore *zone des plis diapirs*, à noyaux salifères perçant le Miocène pétrolifère, le pétrole pouvant migrer jusque dans le Pliocène.

Après la guerre de 1914-1918, lorsque la vieille Roumanie s'était vu annexer la Transylvanie, les efforts de l'Institut géologique roumain ont dépassé l'ancienne frontière et l'on doit à L. Mrazec des vues intéressantes sur les dépressions dans la concavité de l'arc des Carpathes. Sans doute, la Pannonie

proprement dite, c'est-à-dire en somme la plaine hongroise, semble bien être une cuvette initiale dans l'axe de la chaîne double alpine déversée à ses deux ailes; mais vers l'Est, au delà du groupe des Apuseni ou Monts Bihar, dans le haut bassin transylvain, des caractères *intra-alpins* s'introduisent, et il s'agit d'un bassin effondré, avec un remplissage colossal de terrains miocènes et pontiens. La conception s'étend à la dépression plus limitée, plus méridionale et plus tardive de Brasso, où l'on ne trouve plus que du Pontien et du Pliocène levantin. Cette naissance progressive des dépressions, suivant avec retard le développement de la chaîne vers l'extérieur, est une idée originale de L. Mrazec, extensible à d'autres grands systèmes montagneux.

Passant sur l'effort cartographique considérable poursuivi à l'Institut géologique de Bucarest, effort qui commence à fournir une représentation claire des régions roumaines, insistons sur deux problèmes généraux, que L. Mrazec a marqués d'une empreinte profonde.

Avec bien d'autres, il s'est préoccupé de l'origine des hydrocarbures naturels. Dès le début, il s'est montré partisan de la genèse sédimentaire, admise très généralement aujourd'hui. Les hydrocarbures dérivent de matières organiques, provenant en particulier du plankton, accumulées puis enfouies, pour chaque pays à des niveaux précis, dans des roches dites *roches-mères*, quitte pour le pétrole résultant à émigrer ultérieurement dans des *roches-magasins*. L. Mrazec apporte à ce sujet bien des observations. Les plus curieuses et les plus fécondes peut-être sont celles relatives aux eaux salées qui accompagnent le pétrole et permettent de suivre ses migrations. Elles contiennent souvent de l'iode et du brome, absents, par contre, dans les sources salées sans matière organique initiale. Voilà un indice non négligeable du cortège des hydrocarbures.

C'est aussi en étudiant les gîtes de pétroles roumains que Mrazec a mis en évidence le type d'accidents tectoniques qu'il a appelés les *plis diapirs* ou *anticlinaux de percement*. On sait que, dans les voûtes ou anticlinaux ordinaires, les couches s'emboîtent suivant des surfaces parallèles et restent à leurs distances, si l'on peut dire. Dans le diapir, le cœur de la voûte prend de l'avance, gagne vers l'extérieur et vers le haut, parfois jusque dans les couches peu dérangées de la surface. C'est ainsi un accident qui se présente comme venant du fond; il s'accompagne de failles, délimitant le domaine du diapir au milieu de son enveloppe périphérique. Constaté d'abord pour les terrains salifères dont on connaît la plasticité et la mobilité spéciale, le diapirisme est plus général et, si singulier que cela paraisse, il peut affecter des terrains quelconques, même des terrains durs : on en a maintenant de nombreux exemples. Le diapirisme devient une des constatations fécondes de la tectonique contemporaine. En tous cas, dans les parages des gîtes pétrolifères, on a rencontré des diapirs bien ailleurs qu'en zone subcarpathique, par exemple dans les dômes du Hanovre, au Texas, en Russie et tant d'autres régions du globe. Au surplus, la compétence universellement reconnue de L. Mrazec en la matière l'avait fait

appeler en Pologne, en Tchécoslovaquie, en Allemagne, en Égypte et dans les parties les plus diverses des États-Unis.

Savant généreux, plein d'idées, se dépensant sans compter, chef de l'École géologique roumaine, L. Mrazec était, nous l'avons dit, un grand ami de notre pays. Il a répété bien souvent et écrit quelle dette de reconnaissance il avait contractée, au début de sa carrière, envers la science française. Depuis, il nous est revenu fréquemment, et cette dette, il l'a plus qu'acquittée. Pendant la précédente guerre, il voyageait à l'étranger lorsque la Roumanie fut envahie. Il s'est mis alors à la disposition du Maroc où l'on cherchait du pétrole et, présenté à Lyautey, par Louis Gentil, il a travaillé de longs mois dans notre protectorat; il est allé de même en Tunisie. En 1925, il a fait à la Sorbonne des conférences très appréciées sur les questions pétrolifères. Notre gouvernement reconnut alors ces services éminents par une cravate de la Légion d'honneur. Au terme tragique de la carrière de cet homme sympathique entre tous, nulle part mieux que chez nous ne sera ressentie la cruauté du deuil qui frappe nos Collègues de Roumanie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les projections des systèmes orthonormaux de l'espace hilbertien et les opérateurs bornés.* Note (¹) de M. **Gaston Julia.**

Dans une variété linéaire fermée h, immergée dans l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, on donne un système infini de vecteurs A_k; on se propose, dans la présente Note : 1° de donner des caractères permettant de reconnaître si les A_k sont les projections sur h d'un système orthonormal (²) (E_k), complet ou non, de $\mathcal{H}$; 2° de déterminer le (ou les) système (E_k), lorsqu'il existe. On supposera essentiellement que *h et la variété complémentaire $\mathcal{H}-h$ ont une infinité de dimensions*, et l'on résoudra les deux problèmes précédents par des opérations, géométriques ou analytiques, intérieures aux variétés h et $\mathcal{H}-h$. Il en résultera des conséquences remarquables sur la *structure de tout opérateur borné* de l'espace hilbertien. On rapportera h à la base ONC arbitraire (e_k) et $\mathcal{H}-h$ à la base ONC arbitraire (ε_k).

1. Posons $E_k = A_k + B_k$, $A_k \in h$, $B_k \in \mathcal{H}-h$. Les E_k forment la base d'une variété fermée $V \subseteq \mathcal{H}$, se réduisant à $\mathcal{H}$, dans le seul cas où le système (E_k) est complet. Pour tout X de V, on a $X = \Sigma x_k E_k$, avec $\Sigma |x_k|^2 < +\infty$; donc $\Sigma x_k A_k = P_h \Sigma x_k E_k = P_h X$ converge fortement pour tout système (x_k) tel que $\Sigma |x_k|^2 < +\infty$, et définit *dans h* un opérateur linéaire borné $Ax = \Sigma x_k A_k$, pour tout $x = \Sigma x_k e_k$ de h. Comme $\|Ax\| \leqq \|x\|$ pour tout x, *la borne M_A de* A est $\leqq 1$. De même $\Sigma x_k B_k = P_{\mathcal{H}-h} X$ définit dans $\mathcal{H}-h$ un opérateur borné $B\xi = \Sigma x_k B_k$, pour tout $\xi = \Sigma x_k \varepsilon_k$ de $\mathcal{H}-h$; $M_B \leqq 1$.

(¹) Séance du 19 juin 1944.

(²) En abrégé ON; on écrira ONC si le système orthonormal est complet.

Montrons que la condition nécessaire précédente, $M_A \leqq 1$, est aussi ***suffisante.*** Supposons $M_A \leqq 1$, M_A étant la borne supérieure de $\| \Sigma x_k A_k \|$ sur $\Sigma |x_k|^2 = 1$. La détermination des E_k se ramène à celle des $B_k \in \mathcal{H} - h$, tels que (1) $(A_i + B_i, A_k + B_k) = \delta_{ik}$; $\delta_{ik} = 0$ si $i \neq k$; $\delta_{ik} = 1$ si $i = k$. La détermination des B_k équivaut à celle de l'opérateur borné B, de $\mathcal{H} - h$, défini par $B\xi = \Sigma x_k B_k$ pour tout $\xi = \Sigma x_k \varepsilon_k$ de $\mathcal{H} - h$. Les équations (1) se ramènent à la forme simple (2) $A_{ik} + B_{ik} = \delta_{ik}$, avec $A_{ik} = (A_i, A_k)$ et $B_{ik} = (B_i, B_k)$.

L'opérateur borné A admet, dans le système (e_k), la matrice bornée $A = \| A_1, A_2, \ldots, A_k, \ldots \|$. La matrice $\| A_{ik} \|$ n'est autre que celle de l'opérateur hermitien positif $A^\star A$ ($A^\star$ adjoint de A). De même, la matrice $\| B_{ik} \|$ est celle de l'opérateur hermitien positif $B^\star B$, l'opérateur B admettant, dans le système (ε_k), la matrice $B = \| B_1, B_2, \ldots, B_k, \ldots \|$. Les relations (2) équivalent à la relation matricielle $A^\star A + B^\star B = 1$, ***nécessaire et suffisante*** pour qu'on puisse déterminer des $B_k = B\varepsilon_k$ fournissant le système (E_k) cherché.

2. $B^\star B = 1 - A^\star A$ devant être hermitien positif, il faudra $M_{A^\star A} \leqq 1$ ou $M_A \leqq 1$, condition déjà trouvée. *Réciproquement*, si $M_A \leqq 1$, $(x, x) - (x, A^\star A x)$ sera $\geqq 0$ pour tout x de h, donc $1 - A^\star A$ sera une matrice hermitienne positive, nulle identiquement dans le seul cas $A^\star A = 1$, c'est-à-dire où A serait *isométrique dans h*. Dans ce cas banal, les $A_k = A e_k$ seraient un système ON de h, $B_k = 0$, les E_k seraient identiques aux A_k. Écartons-le dans la suite.

La matrice hermitienne positive $1 - A^\star A$ admet une racine carrée unique $H = \sqrt{1 - A^\star A}$, qui est hermitienne positive, et qu'on sait déterminer par divers procédés; il faudra $B^\star B = H^2$, c'est-à-dire $\| B\xi \| = \| H\xi \|$ pour tout $\xi = \Sigma x_k \varepsilon_k$ de $\mathcal{H} - h$. En prenant $\mathcal{J}$ *matrice isométrique arbitraire*, c'est-à-dire $\mathcal{J}^\star \mathcal{J} = 1$, et posant $B = \mathcal{J} H$, on aura $B^\star B = H^2$, et l'on aura une infinité de solutions du problème par $B_k = \mathcal{J} H \varepsilon_k$, car

$$B_{ik} = (\mathcal{J} H \varepsilon_i, \mathcal{J} H \varepsilon_k) = (H\varepsilon_i, H\varepsilon_k) = (\varepsilon_i, H^2 \varepsilon_k) = [\varepsilon_i, (1 - A^\star A)\varepsilon_k] = \delta_{ik} - A_{ik}.$$

La condition $M_A \leqq 1$ est donc suffisante et la détermination des B_k revient à celle de $\sqrt{1 - A^\star A}$. On notera que $n(B^\star B) =$ minimum de $\| B\xi \|^2 : \| \xi \|^2 = 1 - M_{A^\star A}$ et $M_{B^\star B} = 1 - n(A^\star A)$.

3. Pour que le système (E_k) *soit complet*, il faut d'abord $[A_1, A_2, \ldots] = h$ et $[B_1, B_2, \ldots] = \mathcal{H} - h$; il suffira ensuite que $V = [E_1, E_2, \ldots]$ contienne h et $\mathcal{H} - h$, c'est-à-dire A_k et B_k pour tout k. Les conditions relatives aux A_k entraînent celles relatives aux B_k et s'expriment par (3) $(A_i, A_k) = \sum_r (\overline{E_r, A_i}).(E_r, A_k)$, [pour tout couple (i, k)], qui, à cause de $E_r = A_r + B_r$, se ramènent à (3′) $A_{ik} = \sum_r A_{ir} A_{rk}$, exprimant que (4) $A^\star A = (A^\star A)^2$. L'opérateur hermitien $A^\star A$, égal à son carré, est nécessairement un *projecteur* : $A^\star A = P_w$, $w \subset h$. Cette condition exige en particulier $M_A = 1$ et $n(A^\star A) = 0$. [$w = h$ donnerait $A^\star A = 1$, cas banal écarté]. La matrice $B^\star B$ est alors identique à celle du

projecteur P_{h-w}, envisagé dans h par rapport au système (e_k), et il en résulte que les conditions relatives aux B_k sont alors satisfaites.

Réciproquement, si $A^\star A = P_w$, on a les relations (4) et (3) exprimant que les A_k, et par suite les B_k, appartiennent à $V = [E_1, E_2, \ldots]$. On a vu [3] qu'alors $A = \mathcal{J}_1$, $\mathcal{J}_1$ étant un opérateur de h, isométrique dans w, nul dans $h - w$. Pour que $[A_1, A_2, \ldots] = h$, il faut que $\Delta_{\mathcal{J}_1} = h$, ce qui exige que *$w$ ait une infinité de dimensions*; w ayant ∞ dimensions, on peut toujours déterminer un $\mathcal{J}_1$ ayant les propriétés précédentes $[\mathcal{J}_1^\star \mathcal{J}_1 = P_w$, $\mathcal{J}_1 \mathcal{J}_1^\star = 1$ dans $h]$, et V contiendra h. Le même raisonnement, appliqué à la matrice $B^\star B = P_{h-w}$, montre que *$h - w$ devra avoir ∞ dimensions*; en prenant alors pour matrice B celle d'un opérateur $\mathcal{J}_2$ de h $(\mathcal{J}_2^\star \mathcal{J}_2 = P_{h-w}$, $\mathcal{J}_2 \mathcal{J}_2^\star = 1)$ avec $\Delta_{\mathcal{J}_2} = h$, et appliquant cette matrice au système (ε_k), base de $\mathcal{H} - h$, on verra que V contient $\mathcal{H} - h$. Donc $V = \mathcal{H}$ et le système (E_k) est complet.

En définitive, sous les conditions *nécessaires et suffisantes* : 1° $[A_1, A_2, \ldots] = h$; 2° $A^\star A = P_w$, *qui s'exprime par les conditions* (3'), $w \subset h$ étant alors le domaine des valeurs $\Delta_{A^\star}$ de $A^\star$, et $h - w$ *l'ensemble des x de h tels que* $Ax = \Sigma x_k A_k = 0$; 3° *$h - w$ possède ∞ dimensions* [4]; le système (A_k) est la projection sur h d'un système complet de $\mathcal{H}$. On en conclut que : si $M_A < 1$, ou si $M_A = 1$ avec $n(A^\star A) > 0$, le système (A_k) est projection sur h d'un système (E_k) qui n'est certainement pas complet. La condition $M_A < 1$ ou $n(A^\star A) > 0$ exprime que le segment réel couvert par les valeurs de $(x, A^\star A x) = \sum_{i,k} A_{ik} \bar{x}_i x_k$, pour $\Sigma |x_i|^2 = 1$, segment dont les extrémités sont $n(A^\star A)$ et M_A^2, a son extrémité droite distincte de 1, ou sa gauche distincte de 0.

4. Dans un espace hilbertien h, soit A un opérateur borné quelconque de borne $M_A \leqq 1$, rapporté à la base ONC (e_k). Sur h construisons l'espace hilbertien $\mathcal{H}$ sous-tendu par h et par un espace hilbertien orthogonal complémentaire h_1, en sorte que $\mathcal{H} = h \dot{+} h_1$. Les $A_k = A e_k$ satisfont à la condition du n° 2. Ils sont donc la projection sur h d'un système ON (E_k) de $\mathcal{H}$, qui sera complet ou incomplet, en sorte que, suivant un résultat établi antérieurement, on aura $A = \mathcal{J}_1 J_1$ [5]; J_1 pourra exceptionnellement être unitaire ou même $= 1$ [système (E_k) complet], mais en général $J_1(h) = w_1 \subset h$, $J_1^\star J_1 = 1$, $J_1 J_1^\star = P_{w_1}$; $\mathcal{J}_1(w) = h$, $\mathcal{J}_1(h - w) = 0$, $\mathcal{J}_1 \mathcal{J}_1^\star = 1$, $\mathcal{J}_1^\star \mathcal{J}_1 = P_w$. w et w_1 sont

---

(3) *Comptes rendus,* **218**, 1944, n° 3, p. 889.

(4) 1° et 2° entraînent que w a ∞ dimensions. Lorsque $h - w$ n'a qu'un nombre fini n de dimensions, on peut immerger h dans un espace hilbertien, ou variété linéaire fermée, $h \dot{+} h'$, *h' ayant n dimensions,* tel que le système (A_k) soit projection sur h d'un système ON complet dans $h \dot{+} h'$. Voir note (2).

(5) Voir la Note (2) précédente. Les notations $\mathcal{J}_1$ et J_1 sont celles de ma précédente Note. Lorsque A est un projecteur, la décomposition $A = \mathcal{J}_1 J_1$ est connue et l'on a alors $\mathcal{J}_1 = J_1^\star$, $w \equiv w_1$.

2 variétés linéaires fermées $\subset h$, à ∞ dimensions, telles que $h - w$ ait ∞ dimensions. Cette expression remarquable d'un opérateur borné quelconque de borne $\leqq 1$, en *produit de 2 opérateurs* J_1 *et* $\mathcal{J}_1$, *respectivement unitaires à gauche et à droite*, s'étend aux *opérateurs bornés quelconques*, sous la forme $A = M_A \mathcal{J}_1 J_1$, car $A : M_A$ a certainement une borne $= 1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy.**

Parmi les fonctions

$$u = f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots \qquad (|z| < 1)$$

holomorphes dans le cercle $C(|z| < 1)$, désignons par (X) la classe de celles qui sont bornées et dont l'ensemble D de leurs valeurs dans C a une aire totale finie J. Si u_0 est un point de D, u_0 doit compter dans l'évaluation de J autant de fois que $f(z) - u_0$ a de zéros dans C.

$$J = \iint_C |f'(z)|^2 dS = \Sigma n |a_n^2|,$$

dS étant l'élément d'aire de C.

La classe (X) comprend en particulier la classe (X_0) des fonctions bornées univalentes dans C.

La classe (X_1) des fonctions univalentes dans (C), mais non pas nécessairement bornées, se ramène à la classe (X_0). Si c est dans le plan des u un point étranger à D et si $g(z) = \sqrt{f(z) - c}$, $g(0)$ étant choisi entre les deux valeurs possibles, $h(z) = [g(z) + g(0)]^{-1}$ est une fonction de (X_0).

Si D′ et G′ sont les figurations sur la sphère de Riemann de D et de sa frontière G, si J′ est l'aire totale de D′, la classe (X_2) des fonctions $f(z)$ holomorphes dans C pour lesquelles J′ est finie et G′ renferme un continu, se ramène à la classe (X). Car si c et d sont deux points du continu inclus dans G,

$$g(z) = \sqrt{\frac{f(z) - c}{f(z) - d}}$$

est une fonction uniforme ne prenant dans C aucun couple de valeurs opposées (de somme nulle). $h(z) = [g(z) + g(0)]^{-1}$ est une fonction de (X).

$\Gamma(|z| = 1)$ étant la frontière de C, nous allons énoncer pour les fonctions de la classe (X) des propriétés vraies sur une plénitude de Γ (c'est-à-dire en des points situés sur Γ et dont l'ensemble a même longueur que Γ). Grâce aux transformations que nous avons indiquées, ces propriétés s'étendent également, sur une plénitude de Γ, aux fonctions des classes (X_1), (X_2) non bornées.

Il résulte d'un théorème de Fatou que toutes ces sortes de fonctions $f(z)$ ont une limite angulaire unique aux points a d'une plénitude E de Γ.

---

[1] Séance du 12 juin 1944.

Si la limite angulaire de $f(z)$ au point a existe et vaut b, nous écrivons $b=f(a)$; f est définie sur $C+E$ et non définie sur $\Gamma-E$.

I. On sait que si f appartient à (X_1) (f univalente quelconque), $|f'(z)|(1-r)^2$ est borné dans C ([2]). J'ai montré ([3]) qu'en tous les points d'une plénitude de Γ, $f'(z)\sqrt{1-r}$ tend angulairement vers zéro. Il en est de même si f est dans (X_2).

Ce résultat et diverses conséquences que j'en ai tirées peu après ont servi de point de départ à des recherches très intéressantes de MM. Wolff et Dufresnoy, ainsi que de Mlle J. Ferrand. En particulier M. Wolff a montré qu'aux points a d'une plénitude de Γ, $f(z)$ tend vers $f(a)$ suivant tout chemin contenu dans un cercle tangent intérieurement à Γ au point a (on peut dire qu'un tel chemin possède au point a une courbure supérieure à 1). Nombre des propositions obtenues se rattachent aisément à la suivante :

II. Théorème. — *Si la fonction $f(z)$ appartient à la classe* (X) (*f bornée, aire J finie*), *les points a de* E [où la limite radiale de $f(z)$ existe] *pour lesquels l'intégrale*

$$\int_\Gamma\left|\frac{f(\zeta)-f(a)}{\zeta-a}\right|^2|d\zeta| \tag{1}$$

est finie forment une plénitude de Γ.

Posons $\varphi(z_1, z_2)=[f(z_2)-f(z_1)]/(z_2-z_1)$, quels que soient z_1 et z_2 dans $C+E$. Nous devons entendre l'intégrale (1) comme étant $\int_E|\varphi^2(\zeta, a)||d\zeta|$; E a même mesure que Γ.

Quand $f(z)$ appartient aux classes (X_1) ou (X_2) (f est non bornée), c'est la fonction $\varphi(\zeta, a)/[1+|f(\zeta)|]$ qui est à carré sommable en ζ pour une plénitude de points a de Γ.

La proposition repose sur un lemme ne présentant aucune difficulté.

Lemme. — *γ étant une circonférence dont la région intérieure est c, si la fonction $f(z)$ est holomorphe sur $c+\gamma$, on a l'identité*

$$\int_\gamma|dz_1|\int_\gamma|\varphi^2(z_1, z_2)||dz_2|=4\pi\iint_C|f'^2(z)|\,dS. \tag{2}$$

On peut supposer que γ soit un cercle $|z|=r<R'$, $f(z)$ étant $\Sigma a_n z^n$ pour $|z|<R'$. Les deux membres de l'identité (2) sont effectivement égaux à

$$4\pi^2\Sigma n|a_n^2|r^{2n}=J(r).$$

Si $z_1=r_1 e^{i\sigma}$, $z_2=r_2 e^{i\tau}$, r_1 et $r_2<R'$, on trouve une autre identité faisant intervenir $\int_0^{2\pi}|f^2(re^{i\theta})|\,d\theta$ et conduisant à la limitation de la longueur de la ligne $L(r)$ d'équation $|z|=r$ dans le domaine D.

Le lemme étant établi, soient a et ζ deux points de E. Posons $\zeta=ae^{i\psi}$.

([2]) P. Montel, *Leçons sur les fonctions univalentes*, p. 52.

([3]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1071. Voir également **213**, 1941, pp. 15, 115 et 975.

Donc, si a reste fixe, $|d\zeta| = d\psi$. Désignons par $e(a, \varepsilon)$ l'ensemble des points de E situés sur l'arc $\varepsilon < \psi < 2\pi - \varepsilon$ de Γ $(0 < \varepsilon < \pi)$; $e(a, \varepsilon)$ est une plénitude de cet arc.

$|f(z)|$ étant borné supérieurement, et $|\zeta - a|$ l'étant inférieurement, si ζ est sur $e(a, \varepsilon)$, l'intégrale

$$\mu(a, \varepsilon) = \int_{e(a,\varepsilon)} |\varphi^2(\zeta, a)|\,|d\zeta|$$

a un sens et est bornée indépendamment de a. Posons

$$\mathrm{I}(\varepsilon) = \int_{\mathrm{E}} \mu(a, \varepsilon)\,|da| = \int_{\mathrm{E}} |da| \int_{e(a,\varepsilon)} |\varphi^2(\zeta, a)|\,|d\zeta|.$$

Soit γ la circonférence $|z_1| = r < 1$, $\gamma(z_1, \varepsilon)$ l'arc $z_2 = z_1 e^{i\psi}$ de γ pour $\varepsilon < \psi < 2\pi - \varepsilon$. L'intégrale

$$\mu(z_1, \varepsilon) = \int_{\gamma(z_1,\varepsilon)} |\varphi^2(z_1, z_2)|\,|dz_2|$$

est égale à

$$\frac{1}{r}\int_{e(a,\varepsilon)} \left|\frac{f(r\zeta) - f(ra)}{\zeta - a}\right|^2 |d\zeta|,$$

pour $z_1 = ra$, puisque, si ζ décrit $e(a, \varepsilon)$, $z_2 = r\zeta$ décrit une plénitude de $\gamma(z_1, \varepsilon)$. De même

$$\mathrm{I}(r, \varepsilon) = \int_{\gamma} \mu(z_1, \varepsilon)\,|dz_1| = \int_{\mathrm{E}} |da| \int_{e(a,\varepsilon)} \left|\frac{f(r\zeta) - f(ra)}{\zeta - a}\right|^2 |d\zeta|,$$

puisque E est une plénitude de Γ.

Or

$$\mathrm{I}(r, \varepsilon) < \int_{\gamma} |dz_1| \int_{\gamma} |\varphi^2(z_1, z_2)|\,|dz_2| = 4\pi \mathrm{J}(r) < \mathrm{J}.$$

Quand r tend vers 1, $f(r\zeta)$ tend vers $f(\zeta)$, $f(ra)$ vers $f(a)$, puisque ζ et a sont sur E. Le coefficient différentiel $|[f(r\zeta) - f(ra)]/(\zeta - a)|^2$ de l'intégrale simple $\mu(z_1, \varepsilon)$ et de l'intégrale double $\mathrm{I}(r, \varepsilon)$ étant borné, on en conclut, pour chaque valeur de a,

$$\mu(a, \varepsilon) = \lim_{r=1} \mu(ar, \varepsilon) \qquad \text{et} \qquad \mathrm{I}(\varepsilon) = \lim_{r=1} \mathrm{I}(r, \varepsilon).$$

Donc $\mathrm{I}(\varepsilon) < \mathrm{J}$ quel que soit ε. Mais quand ε tend vers zéro, $\mu(a, \varepsilon)$ croît et sa limite, si elle existe, est par définition $\int_{\mathrm{E}} |\varphi^2(\zeta, a)|\,|d\zeta|$ ou $\mu(a)$. Donc $\mu(a)$ est fini sur une plénitude E′ de E, et aussi de Γ. Le théorème est établi.

De plus $\int_{\mathrm{E}} \mu(a)\,|da| \leqq 4\pi\mathrm{J}$. On voit immédiatement que, si r tend vers 1 et ε vers zéro en même temps, $\mathrm{J} - \mathrm{I}(r, \varepsilon)$ tend vers zéro. On en conclut que dans la dernière relation, le signe $<$ doit disparaître.

III. Conséquences. — L'inégalité de Schwarz appliquée aux intégrales

$$f(z) - f(a) = \frac{1}{2i\pi}\int_{\mathrm{E}} \frac{f(\zeta) - f(a)}{\zeta - z}\,d\zeta \qquad \text{et} \qquad f'(z) = \frac{1}{2i\pi}\int_{\mathrm{E}} \frac{f(\zeta) - f(a)}{(\zeta - z)^2}\,d\zeta$$

en chaque point a de E', montre respectivement, que $f(z)$ *tend vers* $f(a)$ *suivant tout chemin dont la courbure en a surpasse* 1, *soit* $|\zeta - z| > k|\zeta - a|^2$ (k indépendant de ζ et de $z = r\zeta$) (théorème de J. Wolff) et que $f'(z)\sqrt{z-a}$ *tend vers zéro quand z tend angulairement vers a.*

Pour établir le premier point, on décompose E en $e(a, \varepsilon)$ et $e'(a, \varepsilon) = E - e(a, \varepsilon)$. L'intégrale prise sur $e(a, \varepsilon)$ est continue au point a. L'intégrale prise sur $e'(a, \varepsilon)$ est bornée par un nombre infiniment petit avec $\varepsilon + |z - a|$. Or la somme des deux tend vers zéro sur le rayon Oa.

Soit φ_n défini par $1/\varphi_n = (1/\varphi) + nh$, $|h|$ étant indépendant de φ et quelconque, par exemple 1 ou π^{-1}, et $h\varphi$ étant positif, n entier non négatif. Posons $\zeta = ae^{i\varphi}$, $\zeta_n = ae^{i\varphi_n}$. Soit $I(a, h)$ l'ensemble des points ζ pour lesquels un des points ζ_n est étranger à E ou bien $\Sigma|f(\zeta_n) - f(a)|^2 = \infty$, $I(a, h)$ est de longueur nulle.

MÉTÉOROLOGIE. — *Origine multiple du magnésium de l'eau de pluie.* Note de M. GABRIEL BERTRAND.

Les expériences sur la composition de l'eau de pluie, dont j'ai déjà communiqué quelques résultats à l'Académie, ont démontré que, si une partie du magnésium trouvé en dissolution provient des poussières du sol situé au voisinage de l'endroit où a lieu la récolte de l'eau, une autre partie, et non la moindre, doit avoir une origine différente [1].

On admet d'ordinaire que le calcium n'existe pas seul dans les combinaisons calciques naturelles, qu'il y est toujours accompagné de magnésium. Pour expliquer la présence de la totalité du second de ces métaux rencontrée dans l'eau de pluie, j'ai dû envisager la possibilité d'intervention de certaines poussières calciques très communes et venues tantôt de près, tantôt de loin. Parmi les poussières venues de près, à considérer surtout dans le cas de l'eau tombée à Paris, il y a celles qui résultent de l'usure des pierres de taille et du plâtre; pour celles qui peuvent venir de loin, j'ai pensé surtout au carbonate de calcium, si répandu dans la nature et, accessoirement, au sulfate de ce métal.

Paris et Grignon, lieux de mes récoltes météoriques, sont situés presque au milieu d'une région territoriale étendue, caractérisée par l'existence d'assises puissantes de carbonate de calcium affectant la forme soit de *craie blanche* et friable ou *pierre à chaux*, soit de *calcaire grossier*, plus compact et plus résistant, servant de *pierre à bâtir*. Cette région est comprise approximativement entre la Bretagne et les Vosges, le Massif Central, la Belgique et la Manche. En de nombreux endroits, ses assises calcaires affleurent la surface du sol; en d'autres, elles sont recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse de terre arable à laquelle leurs débris se mêlent, parfois en proportions importantes.

---

(1) *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 364 et 701.

Aux alentours de Paris, on trouve en outre, répartis d'une manière analogue, des bancs de sulfate de calcium hydraté, appelé *gypse* ou *pierre à plâtre*.

Il était logique de supposer que, sous l'influence du vent, des poussières extrêmement fines de carbonate et de sulfate de calcium soient soulevées à une grande hauteur dans l'atmosphère et transportées loin de leur point de départ, par exemple de la Normandie ou de la Champagne jusque dans la région parisienne. A la condition de renfermer le calcium et le magnésium dans un rapport convenable, ces poussières apporteraient alors à l'eau de pluie, si elles étaient en quantités suffisantes, l'excédent cherché de magnésium. Pour élucider ce côté du problème, j'ai dosé les deux métaux d'abord dans les échantillons d'eau pluviale que j'ai recueillis, ensuite dans une série déterminée de roches et de produits calcaires. Voici les résultats essentiels de cette enquête ([2]).

1° *Rapport* Mg/Ca *dans l'eau de pluie*. — J'ai trouvé, en utilisant les récoltes faites à l'Institut Pasteur de Paris, durant quatre trimestres consécutifs, et en additionnant les chiffres des analyses pour les amener à une année complète :

a. dans l'eau récoltée au-dessus de la salle des machines, du 21 septembre 1935 au 22 septembre 1936 :

Magnésium..........	0,0064 g	Rapport Mg/Ca........ 0,0892
Calcium............	0,0717	(soit 8,92 de Mg % de Ca)

b. dans l'eau récoltée sur la terrasse, du 24 juin 1940 au 27 juin 1941 :

Magnésium..........	0,0031 g	Rapport Mg/Ca........ 0,0978
Calcium............	0,0317	(soit 9,78 de Mg % de Ca)

2° *Rapport* Mg/Ca *dans les roches calcaires*. — J'ai opéré sur sept échantillons de *craie blanche* originaires de la région parisienne, de la Normandie, de la Picardie, de la Champagne et du pays d'Othe; sur quatre échantillons de *calcaire grossier* ou *pierre à bâtir* dont deux de l'Oise, un de la Meuse et l'autre de l'Aisne; et deux échantillons de *gypse* provenant des environs de Paris et de l'Oise.

J'ai examiné aussi un échantillon de *blanc de Meudon* ou *blanc d'Espagne*, produit à partir de la craie blanche et servant au nettoyage des vitres; enfin un échantillon de *plâtre* fin, résultant de la cuisson du gypse de Noisy-le-Sec, un des plus employés actuellement à Paris.

J'ai obtenu les chiffres ci-dessous :

Substance analysée.	Rapport Mg/Ca suivant les échantillons.
Craie blanche................	de 0,0033 à 0,0072
Blanc de Meudon............	0,0039
Calcaire grossier............	0,0109 à 0,0128
Gypse......................	0,0060 et 0,0074
Plâtre......................	0,0104

3° *Comparaison du rapport* Mg/Ca *dans l'eau de pluie et dans les roches*

([2]) Pour les détails, voir le Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

calcaires. — Si l'on compare à présent les résultats fournis par l'analyse de l'eau et par l'analyse des substances calcaires ci-dessus désignées, on est immédiatement frappé par la grande différence qui existe entre les uns et les autres : *il y a beaucoup plus de magnésium par rapport au calcium dans l'eau météorique que dans les roches calcaires.* Au lieu de 9 à 10 parties du premier de ces métaux pour 100 de second trouvées dans l'eau, il n'y en a plus, en effet, que de 0,33 à 0,72 dans la craie, de 0,60 à 0,74 dans le gypse et de 1,09 à 1,28 dans la pierre à bâtir.

Cette différence présente au point de vue de l'origine du magnésium tenu en dissolution dans l'eau de pluie une importance primordiale.

Aux grandes dilutions auxquelles les substances considérées sont présentes dans l'eau de pluie, le carbonate de calcium et, à plus forte raison, le sulfate, sont au-dessous de leur limite de solubilité; elles peuvent donc se dissoudre entièrement, sans modification du rapport Mg/Ca qui les caractérise. Tenant compte de cette circonstance, on voit qu'il n'est pas possible que des poussières de craie flottant dans l'atmosphère, soit à l'état primitif, soit en mélange avec les autres constituants de la terre arable, cèdent à la pluie la totalité du magnésium que cette eau renferme en arrivant au sol. Sinon, au lieu d'y trouver de 9 à 10 parties de magnésium pour 100 de calcium, on n'en trouverait plus que de 0,33 à 0,72. Et ce qui est évident pour la craie, l'est encore pour les autres roches calcaires, pour le blanc de Meudon et pour le plâtre.

Si, d'autre part, l'eau était capable de séparer le carbonate magnésien du carbonate calcique, moins soluble, on pourrait supposer que, après s'être saturée des deux carbonates, elle continuerait à s'enrichir seulement en magnésium au contact de nouvelles quantités de poussières, jusqu'au rapport Mg/Ca trouvé à Paris et à Grignon. Mais alors elle devrait contenir, à l'état insoluble, l'excès correspondant du composé calcique. Or, cette supposition n'est pas justifiée par l'examen des échantillons d'eau récoltée.

Il faut donc nécessairement admettre qu'une autre source de magnésium s'ajoute à celle des poussières d'origine terrestre, d'abord considérée. Pour satisfaire aux conditions qualitatives et quantitatives du problème, cette nouvelle source doit renfermer une proportion Mg/Ca plus élevée que le carbonate et le sulfate de calcium naturels. Elle pourrait, semble-t-il, être trouvée dans les gouttelettes d'eau de mer que les vents arrachent à la surface des vagues, surtout par les gros temps. Ces gouttelettes seraient, soit à l'état liquide, soit après dessiccation plus ou moins avancée, maintenues longtemps en suspension dans l'atmosphère et transportées à des distances d'autant plus grandes, toutes choses égales d'ailleurs, qu'elles auraient des dimensions plus réduites. Elles parviendraient ainsi, en proportions encore pondérables, jusque dans la région parisienne. Comme le rapport du magnésium au calcium dans l'eau des océans est supérieur à 3, c'est-à-dire des centaines de fois plus élevé que dans les roches calcaires, on voit que la condition de composition relative, rappelée plus haut, serait aisément remplie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la chaire de *Zoologie des Reptiles et Poissons* vacante au Muséum national d'Histoire naturelle.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Approximation par des nombres formés avec un nombre fini de facteurs premiers et arithmétique des suites récurrentes.* Note de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient K un corps de nombres algébriques de degré fini m; X, Y deux entiers de K, $\overline{|X, Y|}$ le maximum des valeurs absolues ordinaires de X, Y et leurs conjugués; θ un nombre algébrique $\neq 0$, $|\xi|$ la valeur absolue ordinaire, *ou* l'une quelconque des valeurs absolues $\mathfrak{p}$-adiques de $\xi \in K(\theta)$, ($|\xi|_0$ pour spécifier l'ordinaire).

Quelle que soit la valuation choisie, les inégalités $0 < |X/Y - \theta| < 1/\overline{|X, Y|}^c$, *où l'exposant c est une constante* > 0 *quelconque, n'ont qu'un nombre fini de solutions en entiers* X, Y *de* K, *dont les facteurs idéaux premiers appartiennent à un ensemble fini donné.*

En effet, la finitude du nombre de classes d'idéaux et l'existence d'une base finie au groupe multiplicatif des unités de K, montrent que le groupe multiplicatif G des nombres de K engendrés par des idéaux donnés, en nombre fini, admet une base finie. Le groupe G_h des puissances $h^{\text{ièmes}}$ d'éléments de G est donc un sous-groupe d'indice fini de G. S'il y avait une infinité de solutions X, Y à l'inégalité, il y aurait un sous-ensemble infini de la forme $\lambda X'^h$, $\mu Y'^h$, λ et μ fixes, X', Y' entiers de K. Posons $\sigma = \theta\mu/\lambda$ et désignons par ρ_i les racines de $Z^h = \sigma$, on a

$$0 < \left| \left(\frac{X'}{Y'}\right)^h - \sigma \right| < \frac{a_1}{\overline{|X, Y|}^c} \leqq \frac{a_2}{\overline{|X', Y'|}^{ch}} \qquad (a_1, a_2, \text{const.} > 0).$$

Or, parmi les facteurs $X'/Y' - \rho_i$ de $(X'/Y')^h - \sigma$, il y en a $h - 1$ qui sont

$$\geqq 2^{-1} \operatorname{Min} |\rho_p - \rho_q| \qquad (p \neq q).$$

Il y a donc une infinité de solutions à

$$0 < \left| \frac{X'}{Y'} - \rho \right| < \frac{a_3}{\overline{|X', Y'|}^{ch}}$$

($a_3 > 0$, ρ l'un des ρ_i, donc de degré $\leqq h$ par rapport à K). Pour h suffisamment grand $ch > 2m\sqrt{h}$, une contradiction apparaît avec les inégalités de Thue-Siegel-Mahler généralisées indiquées dans une Note précédente.

Posons $\omega(t) = \text{Max}(|\text{Norme}(\mathfrak{p})|)$ quand $\mathfrak{p}$ parcourt l'ensemble des idéaux premiers de K qui participent à $t \in K$. On en déduit :

Si θ *est un nombre algébrique* $\neq 0$, *et* X_n, Y_n *des entiers de* K *tels que* $0 < |X_n/Y_n - \theta| < 1/\overline{|X_n, Y_n|}^c (c > 0)$, alors $\liminf_{n \to \infty} \omega(X_n/Y_n) = +\infty$.

On a donc $\liminf \omega(X_n/Y_n) = +\infty$ pour les réduites de la plupart des algorithmes d'approximations : fractions continuelles ordinaires des différents types ($c = 2$), algorithme de Pisot ($c = 1$), fractions continuelles du second ordre de Jacobi ($c = 1$), meilleures approximations simultanées de Kronecker ($c = 1 + 1/n$) et leurs analogues $\mathfrak{p}$-adiques (Mahler) etc.

L'énoncé initial équivaut encore au suivant : *les* α_i *et* θ *étant algébriques* $\theta \neq 0$, *il n'y a qu'un nombre fini de solutions en entiers rationnels* t_i *à*

$$0 < \left| \prod_{c=1}^{h} \alpha_i^{t_i} - \theta \right| < \frac{1}{d^{\mathrm{T}}},$$

où $T = \text{Max}(|t_i|_0)$ et d une constante > 1.

Les α_i étant réels, > 1, et les t_i entiers rationnels positifs, posons $\xi = \prod \alpha_i^{t_i}$; on a donc en considérant $\xi/[\xi]$: $\liminf \omega([\xi]) = +\infty$ quand t_i parcourt l'ensemble des systèmes qui ne rendent pas ξ entier. L'ensemble exceptionnel est un module éventuellement vide. De même si P est un polynome (à coefficients algébriques) $\liminf \omega([P(\xi)]) = +\infty$. Il n'y a pas cette fois à considérer d'ensemble exceptionnel (sauf si $P(\xi) = a\xi^n$), car on démontre que sur l'ensemble qui rend $P(\xi)$ entier, s'il est infini, on a aussi $\liminf \omega([P(\xi)]) = +\infty$, sauf dans le cas spécifié.

On obtient aisément la généralisation suivante : *il n'y a qu'un nombre fini de solutions en entiers rationnels* t_i, *et* u *à* $0 < \left| \prod \alpha_u^{t_i/u} - \theta \right| < 1/d^{\mathrm{S}}$ *avec* $S = \text{Max}(|t_i|_0, (\log|u|)^{(1+\varepsilon)})$, $\varepsilon > 0$.

Application aux suites récurrentes. — Soit u_n une suite satisfaisant à une équation de récurrence à coefficients entiers (coefficients et valeurs initiales algébriques). Supposons que l'équation caractéristique ait une racine simple α_1 qui pour une valuation satisfasse à $|\alpha_1| > |\alpha_j|$ $j \neq 1$. Alors *il existe un nombre naturel* N *tel que, quand l'indice n parcourt une classe résiduaire* mod N, *ou bien* $u_n = \lambda\alpha_1^n$, *ou bien* $\liminf \omega(u_n) = +\infty$.

En effet $u_n = \lambda\alpha_1^n + \sum_j \alpha_j^n P_j(n)$, λ const. $\neq 0$, P_j polynomes en n de degré égal à l'ordre de multiplicité de la racine α_j. Donc $u_n/\alpha^n = \lambda + \varepsilon_n$ avec $|\varepsilon_n| = \sum_j (\alpha_j/\alpha_1) P_j(n) | < 1/d^n$, d const. > 1. On voit que $\lim \inf \omega(u_n) = +\infty$ quand n parcourt un ensemble infini de valeurs dont un nombre fini au plus qui annulent ε_n. D'autre part si $Q(x, y_j)$ est un polynome en $x, y_j, \ldots$ à coefficients algébriques, β_j des nombres algébriques, Skolem a

montré (8e *Congrès Math. Scand.*, 1934, p. 163) qu'il existe un entier N tel que, quand x parcourt une classe résiduaire mod N, ou $Q(x, \beta_c^x)$ a un nombre fini de zéros, ou il est identiquement nul. D'où le résultat annoncé.

On démontre de même que, *quel que soit le choix de h*, $u_{n+h}/u_n =$ const. ou $\liminf \omega(u_{n+h}/u_n) = +\infty$ *quand n parcourt une classe résiduaire* mod *un entier convenable; et si* u_n, v_n *sont deux suites récurrentes (dont les équations caractéristiques à coefficients constants satisfont aux conditions indiquées), on a* $u_n/v_n = \nu\gamma^n$, ν *et* γ const., *ou* $\liminf \omega(u_n/v_n) = +\infty$ *quand n parcourt une classe résiduaire* mod *un entier convenable.*

Remarquons que les conditions portant sur la valeur absolue des racines ou leur ordre de multiplicité, que nous avons utilisées, ne sont certainement pas nécessaires. Par exemple les résultats précédents sont vrais pour $u_n = \lambda\alpha^n + \mu\beta^n$ sans restrictions sur les valeurs absolues de α et β dans une valuation quelconque. On le démontre à l'aide du théorème de Thue généralisé.

On peut évidemment traduire les résultats précédents en propriété des coefficients des séries de Taylor des fonctions rationnelles (à coefficients algébriques) Ainsi, *soit* $\Sigma u_n z^n$ *le développement taylorien d'une fonction rationnelle. Si pour au moins une valuation (archimédienne ou non) le* CERCLE *de convergence a un rayon* $\neq 0$ *et porte sur sa* CIRCONFÉRENCE *un pôle unique et simple* $1/\alpha$, *il existe un nombre naturel* N *tel que, quand l'indice n parcourt une classe résiduaire* mod N, *ou bien* $u_n = \lambda\alpha^n$ *pour n assez grand, ou bien* $\liminf \omega(u_n) = +\infty$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les principes de la régulation d'un débit aléatoire par un réservoir.* Note [1] de M. **Pierre Massé.**

Soit un réservoir saisonnier de capacité M aménagé sur une rivière. Il y entre un débit x, qui est une variable aléatoire *naturelle*, et il en sort un débit q qui est une variable aléatoire *réglée*. On connaît, en fonction du temps, la loi de probabilité k du débit naturel, et la fonction d'utilité U du débit réglé, ainsi que la fonction d'utilité S_1 du volume restant en réserve en fin d'exploitation (U et S_1 découlant, par exemple, de la productibilité d'usines hydroélectriques situées en aval du réservoir).

On se propose de déterminer une *règle d'exploitation* telle que l'espérance mathématique totale S de l'exploitant soit aussi grande que possible. Cette règle optimum déterminée, on se propose de calculer la loi de probabilité P des états du réservoir, la loi de probabilité p des débits réglés (ou lâchures du réservoir), et l'espérance totale S.

Nous considérerons dans cette Note le *schéma de probabilité le plus simple*, dans lequel le temps est divisé en *périodes élémentaires indépendantes de durée finie*, la loi de probabilité du volume entrant x au cours de la $n^{\text{ième}}$ période

---

[1] Séance du 26 juin 1944.

étant $k_n(x)$. Au début de chaque période, x entre de l'aléatoire dans le connu, et l'exploitant cherche à déterminer au mieux la lâchure q de la période.

Le problème se résout en faisant appel à la notion d'espérance marginale s, qui est la dérivée de l'espérance totale S par rapport au volume accumulé X; autrement dit, le prix auquel, dans une transaction équitable, l'exploitant céderait une unité de volume de son stock.

Les étapes de la solution sont les suivantes :

I. La condition nécessaire et suffisante pour que l'espérance totale, considérée comme fonction de la lâchure q, soit maximum, est qu'il y ait égalité entre l'utilité marginale de la lâchure, $u_n(q) = dU_n(q)/dq$, et l'espérance marginale de la réserve résiduelle Y, $s_n(Y) = dS_n(Y)/dY$.

II. Dans les périodes où cette condition peut être remplie (*régime équilibré*), la règle d'exploitation optimum déterminant la lâchure q et la réserve finale Y en fonction de la réserve initiale X et des apports naturels x est constituée par l'équation de conservation des volumes et par la condition d'équilibre marginal du paragraphe I

$$X + x = Y + q, \qquad u_n(q) = s_n(Y).$$

III. Dans les périodes où la condition (I) ne peut être remplie par suite des limitations physiques du problème (*régimes bloqués*), l'équation de conservation des volumes subsiste, et la condition d'équilibre marginal est remplacée par une condition de blocage :

$Y = 0$ (de stockage-limite); $Y = M$ (stockage-limite);

$q = 0$ (lâchure nulle); $q \geqq Q_n$ (vente maximum).

IV. Dans tous les cas, le régime le plus avantageux est représenté dans le plan (u, Y) par le point d'intersection j d'une *ligne de stockage* et d'une *ligne de vente* convenablement définies. La réserve finale Y est égale à l'ordonnée de j, et la lâchure q à la différence d'ordonnée entre le point j et le point d'intersection de la ligne de vente avec la verticale de vente nulle.

V. Les périodes étant numérotées en remontant le cours du temps, et l'espérance marginale $s_n(X)$ étant supposée connue, on en déduit $s_{n+1}(X)$ par application de la règle d'exploitation précédente et du théorème d'addition des espérances mathématiques; $s_{n-1}(X)$ est la valeur probable de l'abscisse j_n du point j précédemment défini.

Il est ainsi possible, à partir de $s_1(X)$ supposé connu, de déterminer par récurrence les espérances marginales successives en remontant le cours du temps.

VI. L'influence du choix de l'espérance finale s'atténue à mesure qu'on remonte le cours du temps. Plus précisément si $s_1(X)$ et $s'_1(X)$ sont deux fonctions différentes représentant l'espérance finale à partir desquelles on applique le processus de récurrence du paragraphe V, on trouve, sous certaines conditions touchant la loi de probabilité des apports naturels et la fonction d'utilité

des lâchures, que $\Delta_n(X) = s'_n(X) - s_n(X)$ tend vers zéro quand n augmente indéfiniment, quel que soit $\Delta_1(X) = s'_1(X) - s_1(X)$.

VII. Sous les mêmes conditions que ci-dessus, si l'on opère en économie et climat constants (les fonctions U et k étant alors indépendantes de l'indice de la période), l'espérance marginale $s_n(X)$ tend, lorsque n augmente indéfiniment, vers une limite $s_0(X)$ indépendante de $s_1(X)$. L'espérance marginale limite, ou stationnaire $s_0(X)$ est la solution d'une équation fonctionnelle de forme complexe.

En économie et climat cycliques, le cycle comprenant j périodes élémentaires, il y a j espérances marginales limites.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de mesure des diamètres des satellites de Jupiter et de Saturne.* Note de M. **Henri Camichel**, présentée par M. Bernard Lyot.

Les diamètres des quatre principaux satellites de Jupiter et celui du plus gros satellite de Saturne sont mal connus, car ils apparaissent sous des angles voisins de 1″, et l'agitation des images nuit beaucoup à la précision de leur mesure. Au Pic du Midi, le réfracto-réflecteur de 60^{cm} d'ouverture, installé en 1943 et muni de miroirs retouchés par M. André Couder, montre ces petits astres avec des contours très nets et parfaitement fixes grâce à la grande stabilité des images. J'ai donc cherché à obtenir des valeurs plus précises de leurs diamètres, en mettant à profit ces excellentes conditions. Sur les conseils de M. Lyot, j'ai employé une méthode dont voici le principe :

On forme, dans le plan focal de la lunette, à côté de l'image du satellite, une image d'un disque ayant sensiblement même brillance et même couleur, et l'on fait varier son diamètre jusqu'à ce que les deux disques paraissent identiques. Des expériences faites en laboratoire ont montré que, dans de bonnes conditions, l'œil peut apprécier une différence relative de diamètre de 1 %.

L'appareil, construit au Pic du Midi, se compose d'une plaque métallique percée d'un trou circulaire et uniformément éclairé. Un objectif forme une image de ce trou réduite entre 25 et 50 fois; une glace inclinée à 45° réfléchit cette image dans l'oculaire, à côté de celle du satellite. L'objectif est précédé d'un diaphragme iris dont il forme une image virtuelle qui, vue par réflexion dans la glace, apparaît confondue avec l'objectif de la lunette.

On fait varier le diamètre du satellite artificiel en déplaçant la plaque le long d'une échelle graduée dont la lecture permet le calcul des diamètres. Si le rapport d'ouverture est le même pour les deux images, les deux disques présentent le même aspect pour une agitation atmosphérique nulle et la diffraction n'introduit aucune erreur systématique. Si cette agitation n'est pas nulle, le satellite est un peu plus flou que le disque; on peut donner au disque flou un équivalent en diminuant l'ouverture du diaphragme iris.

Pour pouvoir réaliser l'égalisation des diamètres avec précision, il faut que les deux disques aient la même brillance et la même coloration. Ce résultat est obtenu en plaçant, devant l'oculaire, un filtre jaune et, sur le trajet de la lumière du disque artificiel, trois polaroïds; celui du milieu est fixe et ceux des extrémités peuvent tourner dans leur plan; entre les deux derniers se trouve une lame de quartz perpendiculaire à l'axe. Par la rotation du dernier polaroïd, on réalise l'égalisation des couleurs; par la rotation du premier, l'égalisation des brillances.

J'ai fait une série d'observations à la fin de janvier 1944, pendant quatre nuits pour les satellites de Jupiter et pendant cinq nuits pour Titan; chaque satellite a été l'objet de 30 pointés environ. Les valeurs trouvées ont été rapportées à la distance de 5 unités astronomiques pour les satellites de Jupiter et de 9 unités pour Titan; elles figurent sur le tableau, avec celles des autres observateurs.

	Io.	Europe.	Ganymède.	Callisto.	Titan.
Salet-Bosler (1)	0",98	0",91	1",43	1",33	–
Hamy (1)	0,98	0,87	1,28	1,31	–
Danjon (2)	0,91	0,79	1,22	1,10	–
Pic du Midi	0,914	0,804	1,380	1,288	0",750

Io ayant des calottes polaires sombres paraît aplati; j'ai réalisé l'égalisation avec le diamètre équatorial, le diamètre polaire paraît plus court de 0",05 en moyenne.

L'erreur probable est de l'ordre de 0",005 pour les cinq satellites s'il n'y a pas d'erreur systématique. Cette méthode paraît susceptible de fournir d'excellents résultats lorsque les images sont parfaites et il sera intéressant de l'employer pour de nouvelles mesures.

CAPILLARITÉ. — *Mesure par enregistrement de la tension superficielle statique absolue des solutions.* Note de M. **Mario Picon**, présentée par M. Aimé Cotton.

La vérification de la relation de Gibbs entre la tension superficielle et l'adsorption dans les solutions a été faite par Mac Bain et Swain au moyen de déterminations réellement statiques de la tension. D'autre part les mesures purement dynamiques étant très difficiles à réaliser, ce sont encore les valeurs statiques qui restent à peu près les seules accessibles pour faire avec exactitude, soit des mesures de l'adsorption superficielle dans les solutions, soit même de simples comparaisons de a tension superficielle de ces liquides.

Les déterminations réellement statiques ne peuvent être obtenues par le

(1) *Bulletin astronomique*, **23**, 1906, p. 325.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1721.

compte-gouttes ou l'arrachement d'un anneau. On doit employer le tube capillaire ou l'action d'une lame verticale. Cette dernière méthode, due à Wilhelmy, a été rendue pratique, grâce à Dognon et Abribat, par l'utilisation d'une lame dépolie de platine qui permet de réaliser un mouillage parfait. En 1943 Hublot a indiqué qu'en opérant exactement à l'affleurement du liquide, et avec une lame très mince, les mesures sont absolues et qu'il n'y a pas à faire de correction pour la poussée du liquide.

Cette méthode permet de réaliser des déterminations réellement statiques, mais celles-ci exigent parfois une durée voisine de 100 heures. Un dispositif enregistreur devient alors indispensable. Certains modèles de ce dernier type d'appareil sont déjà connus, mais aucun ne conduit à une mesure absolue et réellement statique.

Nous avons résolu le problème précédent en opérant à l'affleurement du liquide avec une lame mince verticale de platine dépoli, et en utilisant, d'autre part, une balance de torsion sensible au 1/10 de milligramme, munie de deux fléaux de 25^{cm}. L'un des fléaux porte la lame à son extrémité et il peut, en outre, être parcouru dans toute sa longueur par un cavalier. Cette manœuvre s'effectue électriquement. Dans ce but l'autre fléau est terminé par une pointe en platine que l'on dispose juste à la périphérie d'une goutte de mercure, pesant environ 5^{cg}, qui s'échappe périodiquement, à peu près toutes les secondes, d'un tube capillaire horizontal.

Lorsque la tension superficielle diminue, la lame s'élève. Le fléau opposé s'abaisse et touche la goutte de mercure. On peut de cette façon fermer le circuit électrique provenant d'un transformateur de 8 volts et comprenant un petit électroaimant. Ce dernier organe agit sur un trembleur, un cliquet et une roue dentée qui permettent d'exercer une traction sur un fil entraînant la tige de manœuvre du cavalier. La tombée de la goutte interrompt le courant. Le cavalier avance donc petit à petit, par fraction de millimètre, jusqu'à ce que le fléau reprenne sa position horizontale et remette la lame de platine exactement à l'affleurement du liquide.

Un réglage permet d'obtenir facilement un déplacement du cavalier correspondant à une variation de tension de 1/10 de dyne.

La tige de manœuvre du cavalier est munie d'un style qui inscrit les déplacements sur le papier d'un cylindre enregistreur.

Les courbes obtenues permettent de déceler certains phénomènes secondaires pouvant se produire lors de l'adsorption. On sait que cette dernière action se caractérise par une courbe à allure parabolique terminée par un palier.

Avec un sérum sanguin normal, ce phénomène dure de 2 à 10 heures, mais on constate toujours une seconde baisse notable de la tension allant jusqu'à 35 à 50 heures, partant de 43 dynes pour se terminer vers 30 dynes. Il semble que cette seconde action corresponde à un réarrangement de l'orientation primitive des molécules dans la couche superficielle.

De fortes anomalies sont observées avec les sérums anormaux de malades hépatiques ou tuberculeux avancés. Dans le premier cas il n'y a plus de palier et l'on note une baisse anormale de tension pendant les quinze premières heures. Dans le second cas la tension reste élevée, spécialement après des durées voisines de 35 heures. La mesure de la tension interfaciale benzine-sérum dilué permet, en outre, d'enregistrer la désorption des corps tensio-actifs en associations avec les protéines du sérum, et spécialement celles des matières grasses. On peut ainsi mesurer les variations des propriétés de floculation dans les sérums purs ou additionnés de réactifs d'origine chimique ou biologique.

De nombreux essais sur des sérums de constitutions très variables nous ont permis de constater à nouveau que les protéines et les lipides constituants du protoplasme doivent normalement exister en associations réversibles (mesures de tension superficielle). Une stabilité maximum relative de ces dernières est l'un des caractères normaux du sérum (mesures de tensions interfaciales). On trouve dans ce fait une explication de l'existence de ces associations en micelles relativement plus petites que celles des protéines libres qui servent à leur édification.

Le même dispositif permet d'enregistrer les valeurs de la pression superficielle des lames minces dites monomoléculaires ou encore plus distendues. Les courbes, aire de la surface-pression superficielle, directement visibles, s'obtiennent automatiquement en adjoignant à l'appareil quelques dispositifs mécaniques spéciaux : ailettes mobiles transformant la pression horizontale en une force verticale agissant sur le fléau, poulies rendant solidaire de la rotation du cylindre enregistreur le mouvement de la bandelette limitante de l'aire étudiée.

ÉLECTROCHIMIE. — *Émission lumineuse des anodes des condensateurs électrolytiques.* Note de M. **Gaston Raoult**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'on plonge dans une solution d'électrolyte très faible deux électrodes dont l'une au moins, l'anode, est en aluminium, on obtient, en augmentant très lentement la différence de potentiel aux bornes du voltamètre ainsi formé, des phénomènes qui conduisent à la formation d'un condensateur. L'une des armatures (la négative) est la solution, la cathode ne servant qu'à amener le courant jusqu'à celle-ci; l'autre est l'anode d'aluminium.

Durant la période de *formation*, il se produit une électrolyse apparente de l'eau, et l'hydrogène se dégage à la surface de la cathode, qui se recouvre de nombreuses bulles. Sur l'anode, au contraire, il ne se dégage aucun gaz de façon visible. L'oxygène réagit sur l'aluminium pour former une couche d'oxyde Al^2O^3 (1), et peut-être au-dessus un peu d'alumine hydratée.

(1) Hermann, *Wiss. Veröff. Siemens-Werke,* 18 sept. 1940, pp. 188-212.

L'ensemble, une fois porté à une tension déterminée V_f (tension de formation), possède pour des tensions inférieures les propriétés d'un condensateur.

Lorsque la tension V_f dépasse une certaine valeur V_i (tension d'illumination), l'anode devient entièrement lumineuse (ceci se produit vers 340 volts pour une solution de borate d'ammonium dans une solution saturée d'acide borique). Cette lueur paraît bleutée, ce qui est normal, puisqu'elle est très faible. Vers les bords de la plaque, elle paraît parfois rosée. Freymann (²) l'appelle *lilas*.

Si l'on augmente encore la tension, il apparaît au delà d'une certaine valeur V_e (tension d'étincelles) de petites étincelles qui courent à la surface de l'anode en scintillant : dans les conditions précédentes, ceci a lieu vers 370 volts. Le nombre des étincelles croît rapidement avec la tension aux bornes.

V_e et V_i sont des fonctions de la nature et de la concentration de l'électrolyte; elles sont d'autant plus grandes que l'électrolyte est plus faible : dans l'eau distillée, V_e est supérieure à 1200 volts.

J'ai étudié la lumière que l'on obtient dans les deux cas $V_i < V < V_e$ et $V > V_e$, avec un spectrographe Huet, à grande ouverture relative ($f/0,7$) et à prisme de verre de 19cm de base. L'anode était placée horizontalement dans une coupelle remplie de la solution; la cathode était une petite plaque d'aluminium placée latéralement. Un miroir incliné à 45° permettait de faire, à l'aide d'une lentille de courte distance focale, l'image de l'anode sur la fente d'entrée du spectrographe, ouverte à 0mm,2. J'ai employé des plaques photographiques *Superfulgur* et au lactate Guilleminot et des *Panchromosa* Gevaert.

Les temps de pose pour le premier phénomène furent de 10 à 15 heures, et pour le deuxième, de quelques heures à 15 minutes.

Pour $V < V_e$, j'ai obtenu uniquement un spectre continu; il semble commencer vers 6600 Å (sensibilité de la plaque) pour s'étendre vers les courtes longueurs d'onde; l'optique en verre de l'appareil ne permet pas d'enregistrer le spectre au delà de 3700 Å (³).

Pour $V > V_e$, en plus du spectre continu, apparaissent certaines raies que j'ai repérées par rapport aux raies d'un arc au mercure à basse pression. Dans un premier tableau, je classe les raies qui sont visibles au microscope. Mais en passant plusieurs spectres au microphotomètre, il apparaît un beaucoup plus grand nombre de raies, que j'indique ensuite, en marquant d'un *d* celles qui sont douteuses. Étant donnée la faible étendue du spectre (5mm), les longueurs d'onde ne peuvent être données à mieux que 2 Å pour les courtes longueurs d'onde, et en augmentant jusqu'à 20 Å pour les grandes.

Si l'on se reporte à la table de Kayser et à la Thèse de Mihul (1927), et si l'on ne retient que les raies correspondant à des éléments qui peuvent être présents dans la coupelle, on peut identifier les deux éléments aluminium et

(²) *Diplôme d'études supérieures* et *Recherches et Inventions*, 1929, p. 310.

(³) Lifschitz (*Proc. Amsterdam*, **26**, 1923, p. 561) n'a pas trouvé de raies.

oxygène ([1]). Les tableaux indiquent les longueurs d'onde à 1 Å près des raies identifiées. Les deux raies les plus intenses 3945 et 3961 Å sont des raies ultimes de l'aluminium. Le chiffre qui suit indique l'intensité relative de la raie, en unité arbitraire.

3749	2	(O II)	3945	9	(Al II)	4348	0	(O II)	4860	3	(O II)
3803	3	»	3961	10	»	4415	1	»	5190	2	»
3912	3	»	4276	0	(O II)	4650	3	»	5435	2	(O I)
									5861	2	(Al II)

Au microphotomètre :

3727	0	(O II)	4070	*d*	(O II)	4336	00	(O II)	5159	00	(O II)
3739	00	»	4078	*d*	»	4348	0	»	5176	0	»
3749	2	»	4090	*d*	»	4379	*d*	(O III)	5190	2	»
3777	0	»	4104	*d*	»	4415	1	(O II)	5435	2	(O I)
3794	0	»	4120	*d*	»	4440	00	»	5861	2	(Al II)
3803	3	»	4132	*d*	»	4450	*d*	»	6046	00	(O I)
3821	00	»	4154	00	»	4467	*d*	»	6230	*d*	(Al II)
3830	0	»	4169	00	»	4510	*d*	(Al III)	6273	00	(O I)
3843	00	»	4189	00	»	4529	*d*	»	6549	00	»
3894	00	»	4235	00	»	4650	3	(O II)	6721	00	»
3912	3	»	4276	0	»	4696	0	»	un groupe vers 7000		
3945	9	(Al II)	4292	*d*	»	4751	*d*	»	7002		(O I)
3961	10	»	4303	*d*	»	4860	3	»	7042		
4045	00	(O II)	4317	*d*	»	4941	*d*	»	7056		(Al II)

Il semble que l'on pourrait interpréter le spectre continu comme étant fourni par un gaz sous forte pression, comme le serait un gaz adsorbé sur l'anode; le spectre qui apparaît ensuite, montre que les étincelles jaillissent dans de l'oxygène libre. Il y a aussi quelques atomes d'aluminium arrachés à l'anode, mais l'excitation est faible et il y a peu de raies.

Ces expériences viendraient à l'appui des théories qui basent le pouvoir diélectrique des anodes sur une couche d'oxygène adsorbé, sous la couche d'alumine, contre celles qui admettent qu'une partie de cette alumine forme diélectrique, son épaisseur trop grande ne permettant pas d'admettre qu'elle joue tout entière ce rôle.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Spectres de haute et basse fréquence et structure de films de nitro- et d'acétocellulose.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les spectres ci-contre sont constitués par des courbes jalonnées par de petits cercles (o) qui représentent à la température de 20° la variation en fonction de

([1]) Ginat (*Recherches et Inventions*, 1929, p. 193) indique que le spectre est semblable à celui d'un tube de Plücker à oxygène, à l'observation visuelle, dans le cas particulier d'une soupape électrolytique.

la longueur d'onde λ (échelle logarithmique) des pertes d'un condensateur de mesure où le film de nitro ou d'acétocellulose constitue le diélectrique. Nous avons aussi relevé des segments de courbes (jalonnés par des croix) repré-

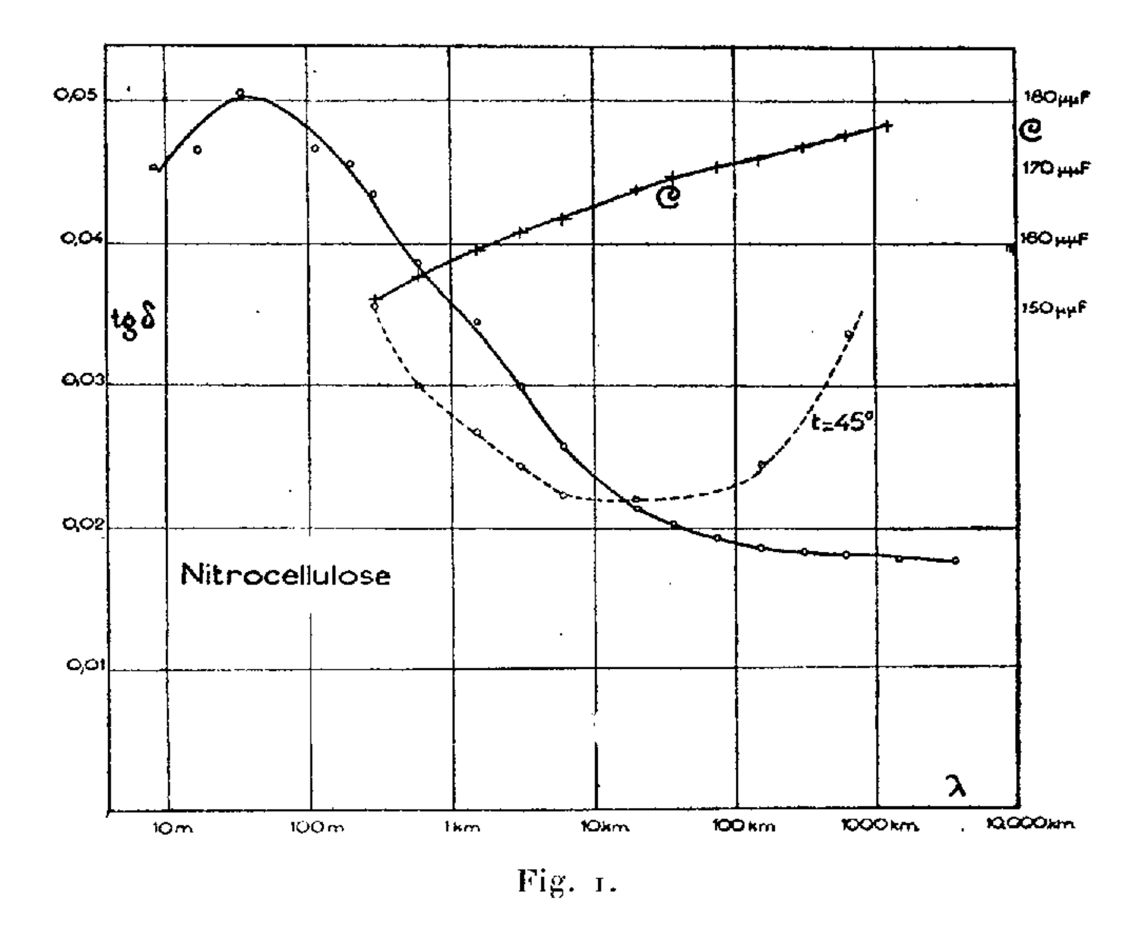


Fig. 1.

sentant la variation de la capacité du condensateur. Mais ce sont surtout les données relatives aux pertes que nous avons utilisées pour l'établissement des

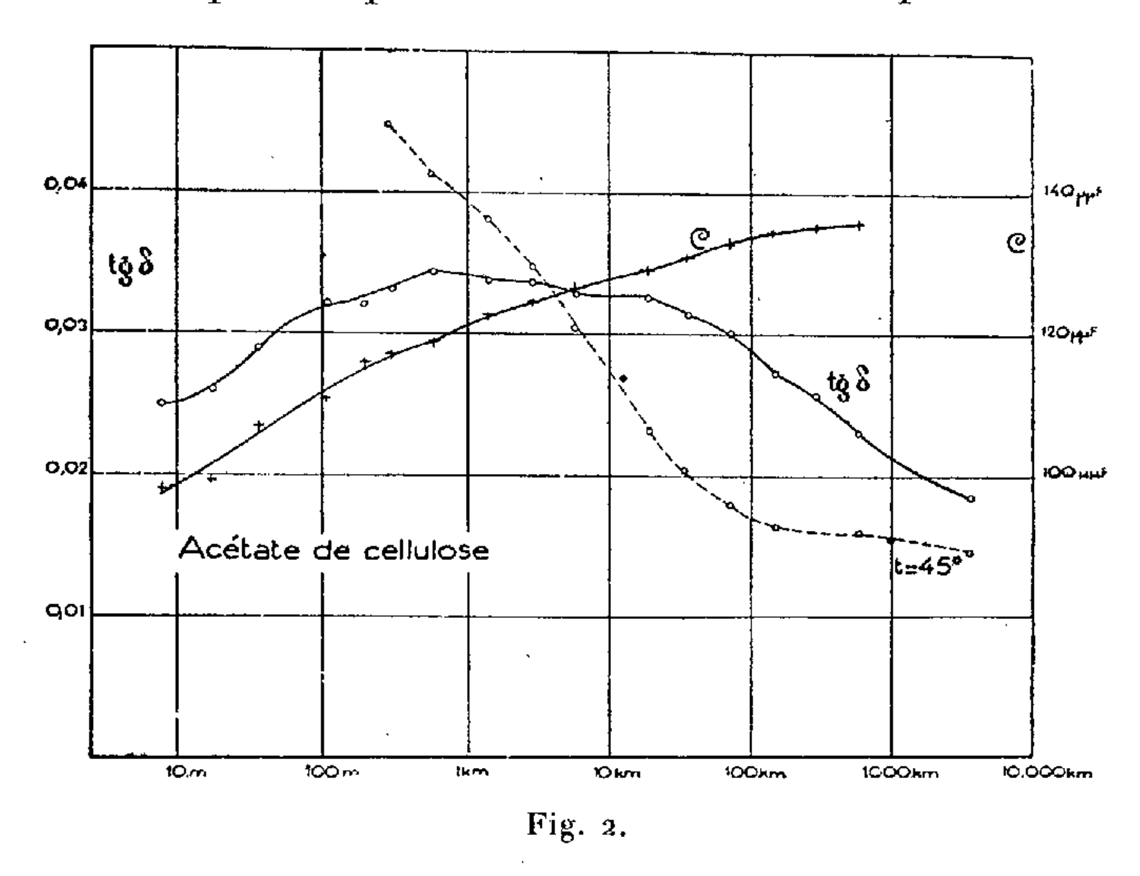


Fig. 2.

spectres. Ces pertes sont de nature diélectrique, la part due à la conductibilité étant négligeable.

On est donc conduit à interpréter encore ici, comme dans le cas du caoutchouc ([1]), la dispersion et l'absorption par une polarisation d'orientation

([1]) P. Girard et P. Abadie, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 667.

(Debye). Les dipôles, qui s'orientent dans le champ alternatif, sont des groupements moléculaires différents par leur temps de relaxation (τ).

De même que pour le caoutchouc, le spectre est constitué par une suite de courbes d'angles de pertes contiguës et s'étalant sur un très grand intervalle de λ depuis un centimètre jusqu'à des milliers de kilomètres. C'est la différence essentielle avec les liquides cristalloïdes qui ne présentent qu'une courbe de dispersion et d'absorption dans un intervalle de λ allant du centimètre environ jusqu'à quelques dizaines de mètres. C'est qu'en effet les dipôles cristalloïdes sont identiques entre eux, de même taille avec un même τ, alors que, ici, les dipôles diffèrent par la longueur des chaînes et leur τ fonction de cette longueur.

Le spectre de la nitrocellulose comprend deux parties : la partie gauche correspond aux plus petits τ; c'est une courbe en cloche assez peu étalée. Les dipôles correspondants ont à peu près le même τ; tout au moins les passages d'un τ à l'autre sont peu nombreux et continus. La partie droite correspond aux longues chaînes. La courbe très aplatie, presque horizontale, nous n'en avons ici qu'un segment, implique une répartition étendue, par variation continue, des temps de relaxation autour d'une valeur moyenne. La fonction, qui représente une telle répartition des τ autour d'une valeur moyenne τ_0, est de la forme (Wagner)

$$f(\tau)\,d\tau = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)e^{-b^2 z^2}}{\varepsilon_0\sqrt{\pi}}\,dz \qquad \text{où} \quad z = \log\frac{\tau}{\tau_0}.$$

Le terme b mesure l'éparpillement des τ. La construction graphique qui représente l'aplatissement de la courbe de l'angle de pertes en relation avec la valeur de b donne pour un grand éparpillement une courbe aplatie presque horizontale, et pour un petit éparpillement une courbe en cloche d'autant moins étalée et plus aiguë que l'éparpillement est petit.

Pour l'acétocellulose à 20°, la loi de distribution des dipôles est différente; la courbe en cloche étalée témoigne d'une variation continue et progressive des τ.

L'élévation de la température à 45° (segments de courbe en pointillé) d'une part déplace les spectres vers les courtes λ (par diminution du coefficient de frottement) et en outre fait apparaître une loi de distribution des dipôles entièrement différente. Par exemple, à 45°, le spectre de l'acétate rappelle celui de la nitrocellulose à 20°. De même que pour le caoutchouc, les propriétés physiques de la cellulose (mécaniques, diélectriques) sont en étroite relation avec la loi de distribution des dipôles caractérisant une structure micellaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nature zéolithique de l'eau du sulfate de calcium semi-hydraté et influence de son départ sur la transformation de l'anhydrite soluble en anhydrite insoluble.* Note de MM. **René Faivre** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons appliqué, au sujet très controversé qu'indique le titre, une technique de spectrographie X en rayonnement monochromatique déjà utilisée en particulier par A. Guinier à divers problèmes de chimie colloïdale et de métallurgie ([1]). Cette méthode permet seule une identification sûre des phases résultant de la déshydratation du semi-hydrate, grâce aux qualités de clarté des spectres (absence de fond continu) et de finesse des raies.

Nous avons suivi par la méthode de la pesée continue (technique de Marcel Guichard) la déshydratation du semi-hydrate et nous avons constaté que la majeure partie de l'eau s'échappe dès 130°, comme du reste le montre l'analyse thermique; mais une petite fraction de l'eau, de l'ordre de 3 %, est retenue par l'anhydrite. Le départ de cette faible proportion d'eau s'effectue régulièrement à mesure que l'on élève la température; on constate qu'il faut atteindre 500° pour faire partir la totalité de l'eau. L'allure de ce phénomène rappelle tout aussi bien le départ de l'eau dans les zéolithes que celui de l'eau adsorbée par un gel.

Nous avons pris les spectres de rayons X du semi-hydrate au cours de sa déshydratation. L'échantillon prélevé en atmosphère parfaitement desséchée était protégé contre l'action de l'humidité atmosphérique par une gaine de collodion. Les équidistances étaient mesurées à $\pm 0,002$ Å près. Nous avons constaté que la déshydratation presque totale du semi-hydrate, effectuée au-dessous de 200°, donne de l'anhydrite soluble qui possède exactement le même diagramme que le semi-hydrate (voir les enregistrements microphotométriques 1 et 2 de la figure 1), ce qui montre bien la nature zéolithique du semi-hydrate.

Mais, si l'on pousse au delà de 200° la calcination de l'anhydrite soluble, on constate une variation du spectre X (courbe n° 3 de la figure 1). Par calcination, vers 500°, on obtient de l'anhydrite insoluble pure qui possède un diagramme tout à fait caractéristique identique à celui de l'anhydrite naturelle (courbe n° 4 de la figure 1); il s'agit donc bien d'une véritable transformation allotropique.

Afin de préciser les conditions de température nécessaires pour effectuer plus ou moins rapidement cette transformation, nous avons étudié par l'analyse thermique dilatométrique une éprouvette d'anhydrite soluble. Nous avons

([1]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1939; voir également P. Lacombe, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1943.

ainsi obtenu la courbe dilatométrique différentielle 1 de la figure 2 : la portion *ab* de cette courbe correspond à la dilatation de l'anhydrite soluble, et la portion *cd* est celle de l'anhydrite insoluble. La différence des ordonnées entre les points *a* et *d* correspond à la contraction subie par l'anhydrite au cours de sa transformation. Cette interprétation est bien confirmée par les diagrammes de rayons X et par la courbe dilatométrique 2 (*fig.* 2) effectuée sur l'anhydrite insoluble agglomérée dans les mêmes conditions.

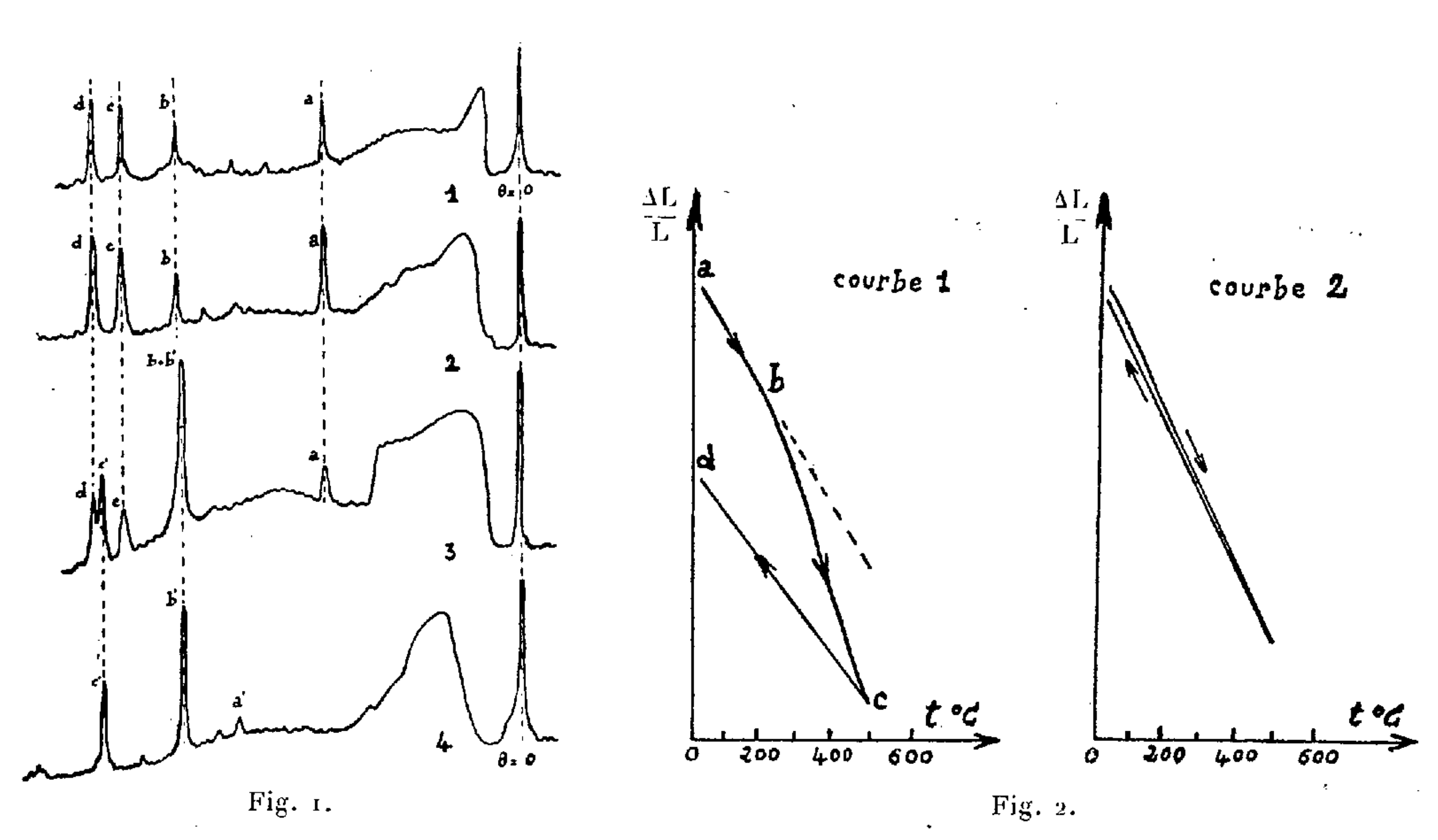


Fig. 1. Fig. 2.

L'analyse dilatométrique isotherme montre que la transformation n'est jamais totale, quelle que soit la durée de l'expérience, au-dessous de 400°. C'est ainsi qu'à 290°, on ne peut dépasser pratiquement un taux d'anhydrite transformée supérieur à 50 % au bout de 3 jours. Ce fait est confirmé par l'examen aux rayons X (courbe n° 3 de la figure 1); on atteint seulement 75 % à 360°. Il apparaît donc que la transformation allotropique de l'anhydrite soluble est corrélative du départ des dernières traces d'eau zéolithique.

PÉTROGRAPHIE. — *Caractères physicochimiques des oolithes dans les minerais de fer de Lorraine.* Note de M. **Jacques Bénard** et Mme **André Michel**, présentée par M. Charles Jacob.

Nous nous sommes proposé de déterminer la constitution chimique des oolithes dans les minerais sédimentaires de Lorraine. Dans ce but, nous avons isolé les oolithes du ciment stérile qui les enrobe, par broyage, calibrage et immersion dans l'iodure de méthylène ($d = 3,3$). Dans la plupart des cas, la fraction dense obtenue dans ces conditions est constituée exclusivement par des oolithes intactes.

On a rassemblé dans le tableau ci-dessous les résultats de l'analyse chimique des oolithes isolées par ce procédé à partir de huit échantillons de lieux et niveaux différents.

	Analyse chimique.							Paramètres cristallins.			Température de déshydratation.
Origine.	H^2O.	CO^2.	Fe total.	Fe ferreux.	CaO MgO.	SiO^2.	Al^2O^3.	*a*.	*b*.	*c*.	
Moulaine L_1....	–	–	47,7	0,8	2,8	5,4	6,2	4,53	9,98	3,03	285°
Val de fer......	10,4	4	48,2	0,8	2,2	6,6	6,8	4,46	9,95	3,03	300
Maron N_1......	10,7	4	51	1,3	2,8	3,7	6,2	4,47	9,95	–	300
Moulaine L_2....	–	–	42	0,4	5,6	10,4	5,9	4,41	9,91	–	300
Maron N_4......	9,1	5	47,4	4,6	3,2	7,4	6,2	4,41	9,94	–	310
Villempt L_3....	10,4	2,2	45,3	3,8	2,4	9	7,1	4,41	9,91	–	320
Droitaumont...	9,5	5,7	45,2	8,3	5	7,7	6,3	4,38	9,81	2,98	330
Bazailles L_5....	3,6	13,4	29,8	15,5	5,6	30,2	2,4	–	–	–	350

L'analyse thermique différentielle de ces échantillons révèle toujours l'existence d'une transformation endothermique très nette, vers 300°, qui correspond à la décomposition d'un hydrate défini. Si l'on rapporte au fer ferrique la quantité d'eau dégagée dans cette transformation, on obtient une formule très voisine de $Fe^2O^3.H^2O$.

L'examen aux rayons X, par la méthode de Debye-Scherrer, montre qu'il s'agit du monohydrate de sesquioxyde de fer, variété gœthite, dont on retrouve toutes les raies dans le diagramme. L'analyse thermomagnétique, qui permet de distinguer la gœthite de la lépidocrocite ([1]), confirme cette conclusion.

L'examen attentif des diagrammes de rayons X montre en outre un léger déplacement des raies de ce minéral suivant les échantillons. Les variations correspondantes des paramètres cristallins sont corrélatives d'un déplacement de la température de déshydratation, les échantillons qui se déshydratent le plus facilement étant de façon générale ceux qui présentent les paramètres les plus grands. Étant donné le nombre des impuretés présentes à côté de la gœthite dans les oolithes, il est difficile de déterminer l'élément responsable de ces variations de propriétés. L'alumine, dont la teneur est sensiblement constante, et la silice, dont les variations ne peuvent se relier aux propriétés ci-dessus, doivent être rejetées. Il existe, par contre, une tendance certaine à l'élévation de la température de déshydratation lorsque les teneurs en fer ferreux s'élèvent.

Outre l'anomalie caractéristique de la gœthite vers 300°, les courbes thermiques différentielles des oolithes de certains minerais présentent à température plus élevée un double effet thermique, le premier négatif vers 550°, le second positif lui succédant peu après. Ces anomalies, d'autant plus nettes que

---

([1]) G. Chaudron et A. Girard, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 97; A. Girard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1417.

la teneur en fer ferreux des oolithes est plus grande, s'expliquent de la façon suivante : le fer ferreux se trouve engagé soit sous forme de carbonate, soit sous forme de silico-aluminate hydraté du type chlorite; ces deux minéraux coexistent dans les oolithes et y sont très intimement liés. Au cours du chauffage, il y a simultanément, vers 550°, dissociation endothermique de la sidérose et déshydratation de la chlorite ([2]) (première anomalie); mais la dissociation ayant donné naissance à de l'oxyde ferreux et à de la magnétite, ces deux composés s'oxydent très rapidement à une température légèrement supérieure (deuxième anomalie).

Le classement par densités, joint au dosage du fer ferreux, permet donc de déterminer le degré d'oxydation du fer dans ces minerais en établissant une distinction entre le ciment et les oolithes. La présence constante et à des teneurs très variables de fer ferreux dans ces dernières est en accord avec les théories admises, notamment par L. Cayeux, en ce qui concerne le passage progressif de l'état ferreux (sidérose et chlorite) à l'état ferrique (gœthite) dans les processus géologiques.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur la structure de fragments de parenchyme vasculaire et de liber cultivés* in vitro. Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Auguste Chevalier.

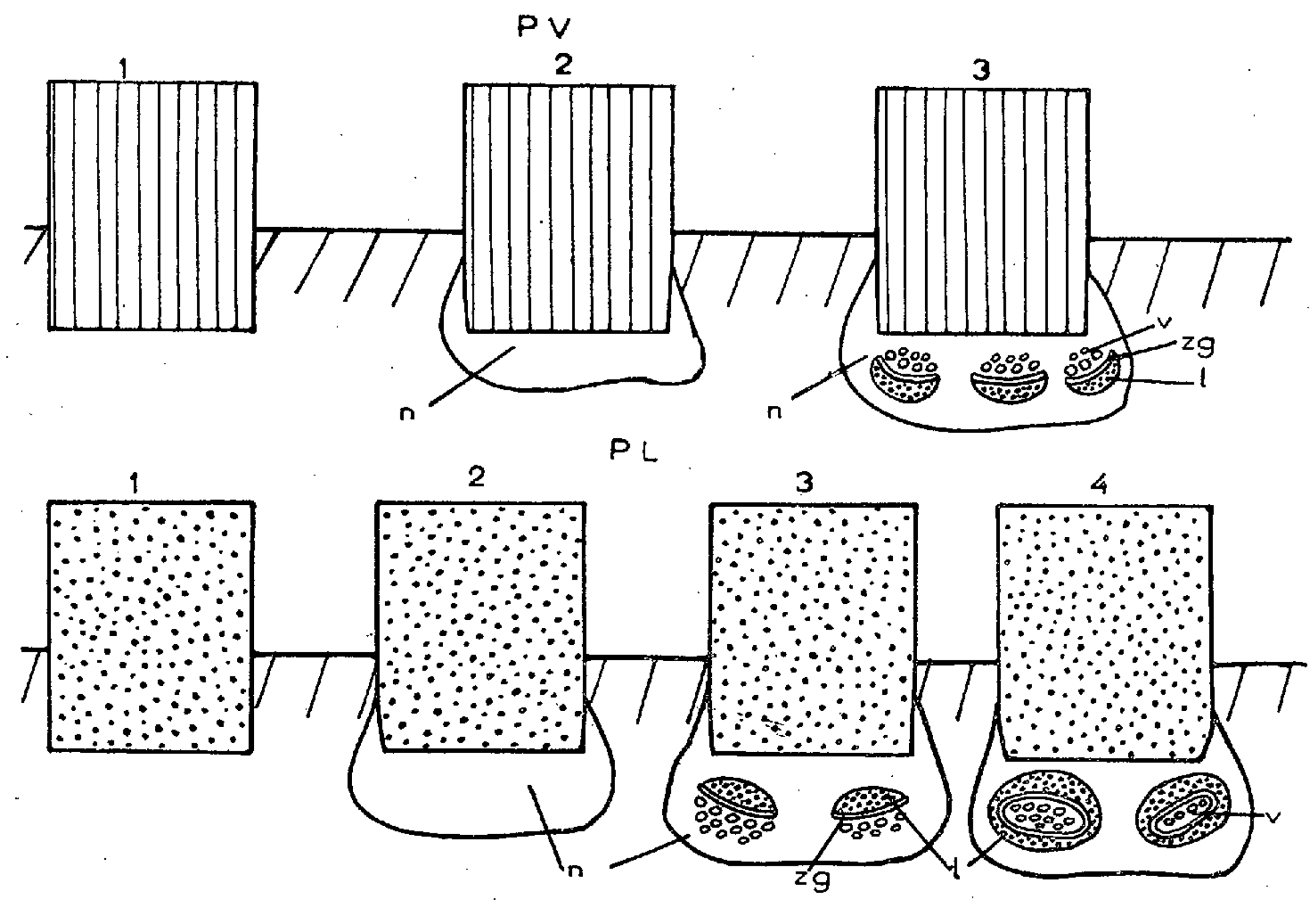
Nous avons montré précédemment que des fragments de parenchyme vasculaire ou de liber cultivés *in vitro* prolifèrent pour donner un tissu homogène, (*n*), au sein duquel se différencient par la suite des faisceaux criblo-vasculaires. L'orientation de ces faisceaux dépend de la nature du tissu primitif. Car, en partant d'un fragment de parenchyme vasculaire, la région vasculaire des faisceaux (*v*) est tournée du côté du tissu préexistant (PV, 3), tandis que, si le fragment primitif est du liber, c'est la région libérienne des faisceaux qui est dirigée vers le tissu préexistant (PL, 3). Il convient de formuler quelques commentaires au sujet du déterminisme de ces structures.

Remarquons, tout d'abord, que le tissu homogène qui apparaît au début de la prolifération d'un fragment de parenchyme vasculaire ou de liber, possède des potentialités plus étendues que le tissu dont il dérive; il peut en effet produire des faisceaux criblo-vasculaires, tandis qu'un fragment de liber est incapable de se modifier sans prolifération préalable et qu'un fragment de parenchyme vasculaire ne peut évoluer directement que par lignification de certaines de ses cellules. Ce tissu néoformé qui se développe au début de la culture résulte donc d'une dédifférenciation du tissu primitif.

L'orientation des faisceaux criblo-vasculaires, par rapport au tissu préexistant, montre que ce dernier dirige la différenciation du tissu néoformé. On peut imaginer que le tissu néoformé est tout d'abord neutre et n'a par lui-même aucune

([2]) J. Orcel, *Bull. Soc. Franç. Min.*, 50, 1927, pp. 75-126.

tendance à se différencier dans un sens plutôt que dans un autre. Mais le tissu préexistant établit au sein de ce tissu apparemment homogène un gradient de différenciation qui se traduit par la formation de deux pôles : l'un, situé dans le



Structure schématique des néoformations produites par des fragments de parenchyme vasculaire (P V) et de liber (P L) cultivés *in vitro*.

Le fragment primitif (1) produit au début de la culture un tissu homogène (*n*). Sous l'influence du tissu préexistant il s'établit un gradient de différenciation au sein de ce tissu homogène ; il en résulte la production de faisceaux cribro-vasculaires orientés d'une manière telle que deux tissus de natures différentes ne se trouvent pas en contact (3). La structure obtenue est stable lorsque le tissu primitif est du parenchyme vasculaire. Elle est instable si le tissu primitif est du liber. Dans ce cas les ilots vasculaires de chaque faisceau libéro-ligneux s'entourent complètement de liber (P L, 4). *v*, massif vasculaire; *l*, massif libérien; *zg*, zone génératrice libéro-ligneuse.

voisinage du tissu préexistant, est de même nature que lui : il possède donc une tendance vasculaire, si le tissu préexistant est du parenchyme vasculaire, et une tendance libérienne s'il s'agit d'une culture de liber. L'autre pôle, placé extérieurement, est de signe opposé, c'est-à-dire de tendance libérienne ou vasculaire, selon que l'explantat est du parenchyme vasculaire ou du liber. De plus, entre les deux pôles qui viennent d'être définis, il persiste une région neutre où se formera la zone génératrice du faisceau criblo-vasculaire. Cette notion de gradient de différenciation contrôlé par le tissu préexistant permet de comprendre ce que signifie l'orientation des faisceaux criblo-vasculaires qui s'organisent au sein des tissus en voie de prolifération. Mais nous ne savons pas par quel mécanisme le tissu préexistant induit, à distance, la différenciation du tissu néoformé.

Nous avons également signalé que la disposition caractérisée par la présence

de liber vers l'intérieur et de vaisseaux vers l'extérieur (PL, 3) est instable, car, par la suite, de nouveaux éléments se différencient sur le bord externe de l'ilôt vasculaire (PL, 4), si bien que celui-ci s'entoure de liber. Il est frappant de constater que la structure ainsi réalisée est celle de végétaux normaux. On sait en effet que dans une tige ou dans une racine parvenues à la structure secondaire, les massifs vasculaires ne sont pas situés à la périphérie de l'organe, mais recouverts par du liber.

Cette disposition normale est réalisée d'emblée dans les cultures de parenchyme vasculaire, tandis qu'elle se fait tardivement dans les cultures de liber. Nous avons donc obtenu des structures aberrantes, mais celles-ci ont évolué pour redonner le type réalisé chez les plantes normales.

Nos observations montrent enfin que l'on ne peut réaliser à volonté la culture d'un tissu donné, car, par suite de remaniements, on obtient constamment un complexe des trois tissus constituant les formations secondaires libéro-ligneuses.

En résumé, l'observation des structures obtenues au cours du développement des tissus végétaux *in vitro* montre que les parties préexistantes induisent la différenciation des régions néoformées : les dispositions ainsi réalisées sont stables ou instables, selon qu'elles correspondent ou non à celles que présentent des végétaux normaux.

BOTANIQUE. — *Action différenciatrice des bourgeons d'Endive sur les tissus sous-jacents*. Note de M. **Guy Camus**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Diverses observations (Jost, Beijerinck, Hansen, Vöchting...) ont fait penser que les méristèmes, et en particulier les bourgeons, exercent une action organisatrice sur les tissus sous-jacents. Il nous a paru intéressant de rechercher la nature de cette action et de préciser en particulier si elle s'opère indifféremment dans toutes les directions ou si au contraire elle est polarisée, c'est-à-dire si elle s'exerce dans un sens privilégié.

Pour cela, nous avons utilisé le tubercule de *Cichorium Intybus* var. *Witloof*, qui possède une polarité nette et produit, en culture, des bourgeons et des racines. Nous avons ensemencé aseptiquement sur milieu nutritif gélosé des prismes de racine d'Endive hauts de 2^{cm} environ, comportant du parenchyme vasculaire, du liber et la portion de zone génératrice comprise entre ces deux tissus. Certains prismes étaient placés de façon telle que la face foliaire (extrémité tournée vers les feuilles lorsque le fragment faisait encore partie de la plante) soit à l'opposé du milieu. Dans ces conditions la face foliaire produisait des bourgeons qui évoluaient en tiges feuillées, et la face opposée (face radicale) formait, après un mois environ, des racines qui se ramifiaient dans le milieu. D'autres prismes étaient orientés inversement, c'est-à-dire que leur face radicale était à l'opposé du milieu. De cette manière, l'inhibition exercée par le

substratum troublait la polarité naturelle et nous avons obtenu des bourgeons surtout sur la face radicale. La face foliaire ne produisait jamais de racines.

Afin d'apprécier l'influence éventuelle des bourgeons sur les tissus sous-jacents, nous avons pratiqué périodiquement des coupes longitudinales radiales et transversales dans les fragments. Les résultats furent différents suivant que les bourgeons s'étaient développés sur la face radicale ou sur la face foliaire.

Nous avons ainsi constaté que les bourgeons situés sur la face foliaire exercent une influence dans laquelle on peut distinguer deux stades :

1° Les ébauches de bourgeons provoquent la dédifférenciation des tissus sous-jacents qui gagne progressivement en profondeur et s'oriente vers la zone génératrice du prisme. Dans ce tissu dédifférencié se différencient bientôt des éléments cribro-vasculaires, dont la formation, qui fait suite à la dédifférenciation préalable, gagne aussi de proche en proche dans des parties de plus en plus éloignées de la base du bourgeon. Finalement ces éléments conducteurs atteignent la zone génératrice du fragment.

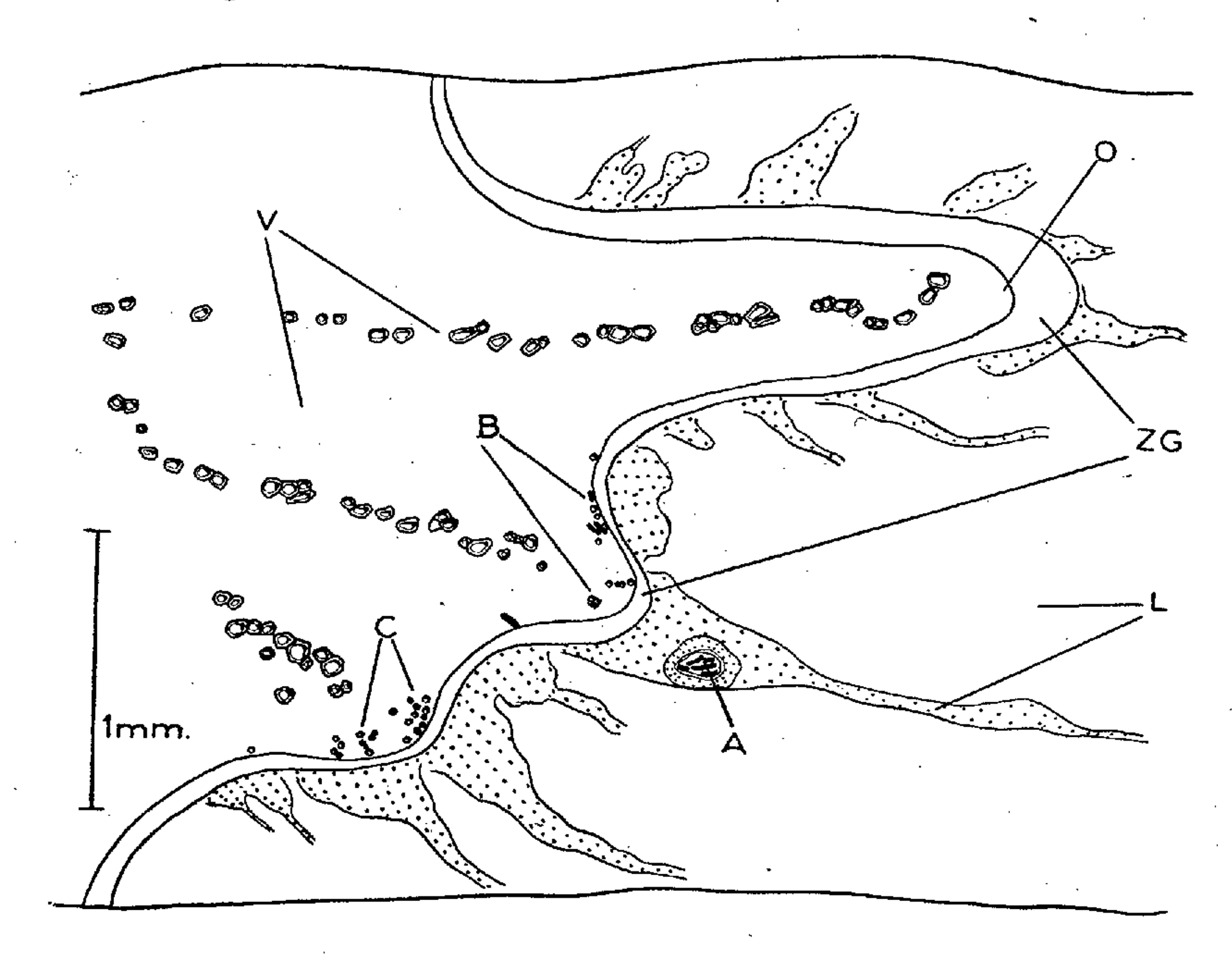


Schéma d'une coupe transversale pratiquée dans un prisme d'Endive après un mois de culture. L, liber; ZG, zone génératrice; V, parenchyme vasculaire.

La coupe intéresse le tissu préexistant et passe à 3mm au-dessous de la surface du cal produit par la face foliaire. Le prisme portait trois bourgeons : on distingue en A, les éléments conducteurs induits par l'un deux dans le liber; on voit en B et C les vaisseaux produits par la zone génératrice sous l'influence des deux autres. Au niveau de O, il n'y avait pas de bourgeon : la zone génératrice n'a pas proliféré.

2° A ce moment, sous l'influence du bourgeon, la zone génératrice produit des cellules ligneuses. Son activité s'exerce de plus en plus loin de la face foliaire, tout en s'affaiblissant à mesure que l'on s'éloigne de celle-ci. Si le

bourgeon est apparu sur une des faces latérales du prisme, la zone génératrice ne produit pas de vaisseaux au-dessus du raccord, mais seulement en dessous : ceci indique que l'action organisatrice du bourgeon est polarisée. Lorsque le bourgeon a atteint une quinzaine de centimètres, il se forme enfin des racines sur la base du prisme. Celles-ci ne sont pas dans le prolongement de la zone génératrice, mais se raccordent perpendiculairement à elle. Il existe une continuité de vaisseaux entre le bourgeon et la zone lignifiée du cal où elles prennent naissance.

Lorsque les bourgeons se forment sur la face radicale, on constate des phénomènes tout différents. Ils se rattachent perpendiculairement à la plage libéro-ligneuse qui s'est développée normalement dans ce cal. Leur système conducteur se perd parmi les formations cribro-vasculaires de structure très complexe de cette plage. On n'observe jamais d'action sur le tissu préexistant.

En résumé, ces observations permettent de conclure que les bourgeons exercent sur les tissus sous-jacents une action qui se traduit par une dédifférenciation suivie d'une redifférenciation d'éléments conducteurs. Cette action est polarisée et ne se manifeste que dans le sens feuilles-racines. Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux obtenus par Went et Bouillenne sur la circulation de la rhizocaline et par Went, van der Weij, Gautheret sur celle des auxines et hétéro-auxines. Il est donc permis de penser que l'action des bourgeons est due à la sécrétion d'une substance organisatrice.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la possibilité de réaliser la culture indéfinie des tissus de vigne.* Note de M. **Georges Morel**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les tentatives de culture de tissus végétaux, après être restées pendant longtemps sans résultats, ont été ces dernières années couronnées de succès. Des recherches récentes ont abouti à la culture de tissus provenant de tiges ou d'organes charnus, de différents végétaux herbacés, tels que le tabac (White), la carotte (Gautheret, Nobécourt), le topinambour, l'endive, le chou-navet (Gautheret). Toutefois, malgré les efforts de plusieurs auteurs (Gautheret, Giœlli), il n'a pas été possible d'obtenir jusqu'à présent de cultures de tissus d'espèces ligneuses.

Nous avons essayé de résoudre ce problème; pour cela, nous avons ensemencé en mai 1943 des fragments de sarments de vigne, sur le milieu n° 4 de Gautheret ([1]), renfermant de l'acide naphtylacétique à la concentration de 3×10^{-7}. Nous avons observé la formation de volumineux cals parenchymateux. Ces cals ont été repiqués sur ce même milieu, où ils ont continué à proliférer depuis cette date; nos cultures ont actuellement 15 mois et ont subi 6 repiquages.

([1]) R.-J. Gautheret, *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, p. 53.

La croissance était d'abord très irrégulière et la mortalité fort élevée; après le deuxième repiquaque, il ne nous restait plus que deux cultures. Vers le sixième mois la prolifération est devenue beaucoup plus régulière; actuellement, après 15 mois, elle est très active et la mortalité ne dépasse pas 2 %. Après chaque repiquage, le fragment isolé s'arrondit rapidement, puis s'étale à la surface du milieu en une masse irrégulièrement mamelonnée, épaisse d'environ 1^{cm}; au bout de 1 mois et demi la culture a envahi toute la surface du milieu contenu dans un tube de 24^{mm} de diamètre.

Une coupe permet d'observer à l'intérieur du tissu des fragments de zones génératrices irrégulières, produisant des vaisseaux aberrants, le tout noyé dans un parenchyme indifférencié.

Notre souche comprend environ 350 cultures; leur nombre quadruple régulièrement à chaque repiquage et rien ne permet actuellement de supposer que cette vitesse de croissance vienne à se ralentir.

Ces caractères, comparables à ceux des souches de plantes herbacées isolées par Gautheret, nous autorisent à croire que nous avons obtenu la culture indéfinie des tissus de vigne et réalisé par conséquent, pour la première fois, la culture d'un tissu d'espèce ligneuse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Origine du thiosulfate de l'urine des animaux supérieurs.* Note (1) de MM. **Claude Fromageot** et **Antonin Royer**, présentée par M. Maurice Javillier.

On admet généralement que la présence de thiosulfate dans l'urine des animaux supérieurs est due, plus ou moins directement, aux actions bactériennes s'exerçant, dans le tube digestif, sur les différentes formes de soufre organique (cystine, cystéine et méthionine) ingérées avec les aliments. Or une série d'investigations, dont le détail sera donné ailleurs, sur le mécanisme d'oxydation du soufre organique en sulfate par les animaux supérieurs, nous a conduits à constater que, contrairement à l'opinion généralement admise, le thiosulfate de l'urine de ces animaux trouve son origine dans leur métabolisme propre. Ces recherches ont été exécutées en utilisant la microméthode de dosage spécifique des thiosulfates mise au point précédemment (2), et adaptée à l'urine des animaux supérieurs. Nos expériences montrent toutes en effet que la quantité de thiosulfate excrétée par l'urine est considérablement plus forte chez un animal, carnivore ou herbivore, maintenu à l'état de jeûne, que chez le même animal alimenté normalement, le phénomène étant parfaitement réversible. Un tel phénomène correspond au fait que l'animal, à l'état de jeûne, consommant ses propres protéines, catabolise une quantité de soufre

(1) Séance du 26 juin 1944.

(2) Cl. Fromageot et A. Royer, *Enzymologia*, 12, 1944 (sous presse).

organique anormalement élevée. Citons, à titre d'exemple, une étude particulièrement démonstrative faite sur le Rat : après quelques jours d'observation au cours desquels ils continuent à recevoir leur nourriture habituelle, les animaux sont soumis à un régime leur apportant tout ce qui leur est nécessaire, sauf le soufre; l'évacuation des aliments ingérés avant ce traitement se poursuit ainsi normalement. Cette évacuation est tout à fait terminée et les aliments ordinaires sont remplacés par les aliments sans soufre quand on soumet les animaux au jeûne total; à ce moment, il n'y a donc plus guère de source de soufre dans le tube digestif : toute possibilité d'origine bactérienne du thiosulfate se trouve donc pratiquement éliminée. Signalons, à ce point de vue, que le tube digestif de l'un des animaux en expérience, sacrifié à la fin de la période de jeûne, s'est trouvé parfaitement vide. Les résultats obtenus sont les suivants :

Thiosulfate excrété en 24 heures par le Rat.

Temps en jours.	Régime.	$S^2O^3Na^2$ par animal.	Temps en jours.	Régime.	$S^2O^3Na^2$ par animal.
1........	normal	167	8........	jeûne	223
2........	»	165	9........	sans soufre	107
3........	sans soufre	70	10........	»	53
4........	»	36	11........	»	62
5........	»	38	12........	normal	85
6........	jeûne	95	13........	»	102
7........	»	223	14........	»	140

Les chiffres de ce tableau sont très nets : le Rat, à l'état de jeûne, excrète, par l'urine, une quantité de thiosulfate supérieure à celle qu'il élimine lorsqu'il est soumis à une alimentation normale, et très supérieure, environ six fois, à celle qu'il élimine lorsqu'il est maintenu à un régime privé de soufre, les variations de la quantité de thiosulfate excrété étant réversibles.

Ainsi est-on amené à conclure que le thiosulfate excrété par l'urine provient bien du métabolisme propre de l'animal, et que le thiosulfate représente, dans ce métabolisme, un produit intermédiaire de l'oxydation en sulfate, du soufre organique des protéines consommées au cours du jeûne. D'autre part, si l'on joint aux résultats précédents le fait que la proportion de thiosulfate urinaire dépend étroitement, chez l'animal soumis à une alimentation normale, de la quantité de soufre organique ingéré, on est autorisé, semble-t-il, à conclure également que le thiosulfate est également un produit intermédiaire de l'oxydation par l'animal supérieur, des dérivés sulfurés apportés par sa nourriture.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence dans diverses protéines de petites quantités de groupements aminés appartenant à la phénylalanine.* Note de MM. **Jean Roche**, **Raymond Michel** et **Jean Schiller**, présentée par M. Maurice Javillier.

On admet, depuis les travaux de Skraup, van Slyke et Birchard, Félix, Edlbacher, que les groupements aminés des protéines sont constitués par les

radicaux $—NH^2(\varepsilon)$ de la lysine. Or, H. Jensen et E. A. Evans (1), soumettant à l'action de l'acide chlorhydrique de l'insuline traitée au préalable par l'isocyanate de phényle en milieu alcalin, ont isolé la phénylbenzylhydantoïne [formule (II)] des produits de la réaction. Ce fait traduit nécessairement la présence dans l'insuline de fonctions $—NH^2$ appartenant à la phénylalanine, $C^6H^5—CH^2—CH(NH^2)—COOH$. En effet cet acide aminé se condense dans un premier terme avec l'isocyanate de phényle par son radical aminé, comme tous les corps de la même série (Paal). Par la suite l'hydrolyse de la protéine substituée libère de l'isocyanate de *l*-phénylalanine [(formule (I)], lequel se cyclise sous l'action de l'acide chlorhydrique mis en œuvre comme agent d'hydrolyse; il se forme alors de la phénylbenzylhydantoïne (Mouneyrat)

$$\underset{\text{(I)}}{\begin{array}{l}C^6H^5—CH^2—CH—COOH\\ \qquad\qquad\quad\;|\\ \qquad\qquad\quad NH—CO—NH—C^6H^5\end{array}} \xrightarrow{+H^2O} \underset{\text{(II)}}{\begin{array}{l}C^6H^5—CH^2—CH—CO\\ \qquad\qquad\quad\;|\qquad\quad\;\; \rangle N—C^6H^5\\ \qquad\qquad\quad NH—CO\end{array}}$$

Étant donné l'intérêt qui s'attache à la connaissance de l'origine des groupements aminés libres des protéines, nous avons recherché si le fait signalé par Jensen et Evans est ou non particulier à l'insuline, dans laquelle l'état de la phénylalanine peut être en relation avec l'activité hormonale.

Nous avons tout d'abord préparé les corps de références utiles à cette étude, à savoir : le phénylisocyanate de *l*-phénylalanine [technique de E. Fischer et A. Mouneyrat (2)] et la phénylbenzylhydantoïne [technique de A. Mouneyrat (3)], afin de préciser leur point de fusion, au sujet duquel des données diverses ont été publiées (1), (5). Les résultats obtenus sont les suivants :

Phénylisocyanate de *l*-phénylalanine : F (bloc Maquenne) 176°. N %, calc. pour $C^{16}H^{16}O^3N^2$ 9,86; tr. (Kjeldahl), 9,78.

Phénylbenzylhydantoïne : F (bloc Maquenne) 159°. N %, calc. pour $C^{16}H^{14}$ 10,54; tr. (Kjeldahl), 10,53.

Le second de ces corps est soluble à chaud dans l'eau et l'alcool, à froid dans le chloroforme, l'acétone et l'éther; il est extrêmement peu soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool, ce qui permet sa recristallisation dans ces milieux.

Nous avons ensuite cherché à obtenir de la phénylbenzylhydantoïne à partir de caséine, de globine (Mouton) et d'ovalbumine, traitées de la manière suivante : 10^g de protéine en solution dans 1500^{cm^3} de PO^4Na^2H M/15 (pH 9,2) sont additionnés de 2^g d'isocyanate de phényle. Après avoir soumis le milieu à une agitation mécanique pendant 1 heure, on le débarrasse de l'excès d'isocyanate de phényle par épuisement à l'éther et l'on précipite le phénylisocyanate

(1) *Journ. of biol. Chem.*, 108, 1935, pp. 1-9.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, pp. 2383-2393.

(3) *Ibid.*, 33, 1900, pp. 2393-2396.

de protéine par addition d'acide acétique au tiers. Le produit obtenu, soigneusement lavé, est dissous dans 200^{cm^3} d'acide chlorhydrique au demi et chauffé au bain-marie bouillant pendant 15 heures sous condensateur à reflux. Après dilution par 2000^{cm^3} d'eau bouillante et filtration, le milieu, abandonné à 0°, laisse déposer, en quelques jours, de fines aiguilles incolores souillées de matières humiques. Après recristallisation dans l'eau le produit ainsi obtenu présente les caractères de solubilité, le point de fusion et la teneur en azote de la phénylbenzylhydantoïne, comme l'indiquent les données ci-dessous :

Protéine étudiée.	Rendement en hydantoïne p. 100^g de protéine.	F (bloc Maquenne).	N % (Kjeldahl).
Caséine..........	50^{mg}	159°	10,46
Globine (Mouton).....	15	158-150	–
Ovalbumine..........	100	159	10,39

Les trois protéines étudiées donnent donc naissance à de la phénylbenzylhydantoïne après traitement à l'isocyanate de phényle, libération et cyclisation du phénylisocyanate de *l*-phénylalanine formé avant hydrolyse par condensation du réactif avec le groupement $—NH^2$ de cet acide aminé.

Conclusions. — De petites quantités de phénylbenzylhydantoïne ont été obtenues à partir de la caséine, de la globine (Mouton) et de l'ovalbumine traitées par l'isocyanate de phényle et partiellement hydrolysées en milieu chlorhydrique. Il en résulte que le groupement α-aminé d'une partie de la phénylalanine est libre dans les protéines. La fraction de cet acide aminé dont le radical $—NH^2$ ne participe pas à des liaisons peptidiques est variable dans les divers corps étudiés et, de plus, les groupements aminés de la phénylalanine ne contribuent pas de manière importante à la somme des radicaux $—NH^2$ présents. Néanmoins, l'opinion très généralement admise, selon laquelle la lysine est la source exclusive de ceux-ci dans les protéines, apparaît comme trop absolue.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 17 avril 1944.)

Note de M. *Antonio Sosa*, Sur la présence de deux stérols nouveaux et d'un ester à poids moléculaire élevé dans le *Parinarium macrophyllum* Sab. :

Page 658, ligne 12 (Phytostérol *a* : P. F. des acétates), *au lieu de* 26°, *lire* 126°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des prix aura lieu le lundi 18 décembre 1944.

CYTOLOGIE. — *La genèse du cnidocyste et du spirocyste de l'*Anemonia sulcata *Penn. Rôle du centrosome dans ce phénomène.* Note de M. **Édouard Chatton** et M[lle] **Odette Tuzet**.

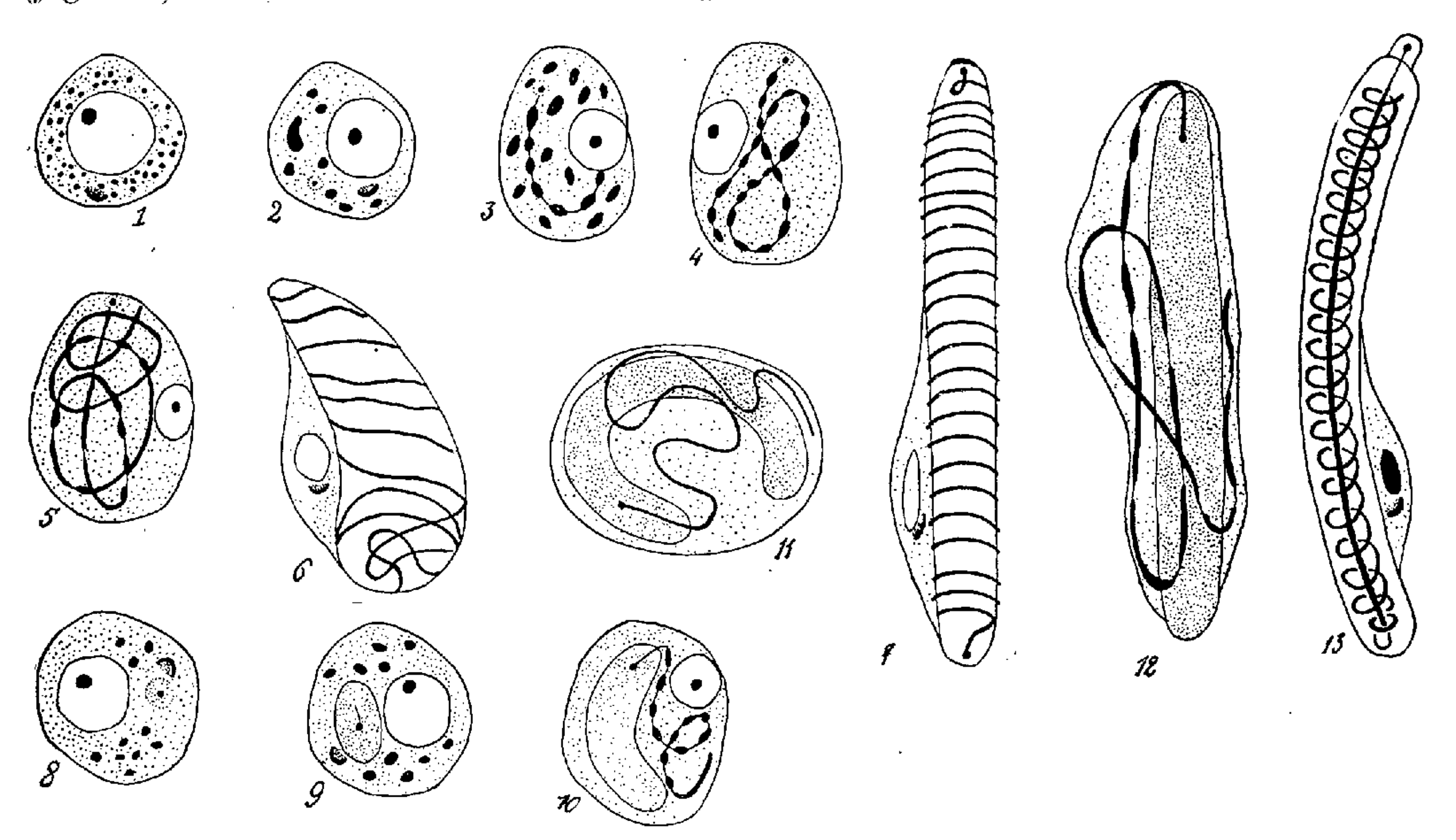
Quoique l'évolution des nématocystes ait été étudiée par de nombreux auteurs, elle n'est pas, pour le moment, connue avec certitude. R. Weill, l'un de ceux à qui l'on doit sur ce sujet les travaux les plus complets, nous dit qu'il n'y a pas une seule espèce de Cœlentérés dont il ait pu suivre la cnidogenèse. En 1934 M[me] de Saedeleer-Jacobs décrit la formation du spirocyste à partir d'une ébauche cytoplasmique, qui s'accroît progressivement jusqu'à l'élément achevé. Le phénomène nous paraît plus compliqué.

Le spirocyste a pour origine une cellule profonde de l'ectoderme, arrondie, avec un gros noyau à petit nucléole, le plus souvent excentrique, un centrosome, des chondriosomes et un dictyosome (*fig.* 1). Les grains mitochondriaux se fusionnent, donnant des granules plus gros qui ensuite se multiplient (*fig.* 2). Le centrosome, devenant polaire, pousse un flagelle intracellulaire qui s'allonge et sur lequel se plaquent les mitochondries (*fig.* 3). Celles-ci finissent par former à la surface du flagelle un manchon continu. Cependant le noyau diminue de taille et s'excentre. Le dictyosome (élément de Golgi) reste inactif au voisinage du centrosome. Le filament, d'abord enroulé d'une façon quelconque, régularise son cours hélicoïdal sénestre. Il se différencie autour de lui une gaine qui ne laisse à l'extérieur d'elle qu'un reliquat protoplasmique avec le noyau et le dictyosome (*fig.* 6). En même temps la cellule s'allonge et devient ovoïde. Le jeune spirocyste a déjà les caractères de l'élément achevé. C'est un étui mince, encore court et assez large, dans lequel le filament est enroulé. Le reliquat protoplasmique, avec le noyau et le dictyosome, est sur le

côté de la capsule qui s'allonge. Le filament, désormais intracapsulaire, s'amincit et régularise ses spires (*fig.* 7). Complètement achevé, le spirocyste est fait de la capsule à paroi mince contenant le filament cnidogène hélicoïdal. Celui-là montre le centrosome à son extrémité postérieure et à son extrémité antérieure, un granule d'origine sécrétoire sortant le premier du tube au moment de la détente.

La cellule mère du nématocyste est constituée comme celle du spirocyste. Les fins chondriosomes se fusionnent en grains plus gros et s'accroissent, mais moins que dans le spirocyste. Le noyau se condense. Une zone arrondie (*fig.* 8), puis ovoïde (*fig.* 9), se différencie autour du centrosome. Elle prend l'aspect d'une inclusion. C'est l'ébauche de la capsule du nématocyste.

Du centrosome pousse un filament qui sort de l'ébauche de la capsule (*fig.* 10). Pendant la formation de ce prolongement l'ébauche s'allonge, prend



Anemonia sulcata Penn. Spirocyste, stade du développement de 1 à 7.
Nématocyste, stade du développement de 8 à 13.

des contours mieux définis et se colore plus fortement. Au fur et à mesure de la poussée du flagelle intracytoplasmique, les mitochondries se portent sur lui et le recouvrent. Mais ici le manchon mitochondrial est plus mince que celui du spirocyste.

L'étui continue de s'allonger et se recourbe sans sortir de la cellule (*fig.* 11). Une fois achevé il se redresse. Dans son tiers antérieur nous avons le centrosome prolongé par la partie intracapsulaire du flagelle. Lui faisant suite est le filament extracapsulaire. Ce filament extracapsulaire (*fig.* 12) se transforme en un tube creux, puis s'introduira dans la capsule en s'invaginant selon un processus que nous décrirons ultérieurement. C'est le centrosome transformé

en anneau, qui, en émigrant vers la partie postérieure de l'étui, prélude à ce mouvement. Devenu intracapsulaire, le filament s'enroule longitudinalement, c'est-à-dire parallèlement à l'axe cnidogène formé par la première partie du dérivé centrosomien. Ensuite une hélice régulière, à enroulement dextre, s'organise normalement à l'axe (*fig.* 13). Pendant cette évolution, le noyau subsiste dans la cellule mère du nématocyste tout en s'amenuisant et prend petit à petit un aspect pycnotique. Le dictyosome est toujours au voisinage de l'étui et gardera cette position à la périphérie de la capsule.

Dans le nématocyste entièrement constitué, le noyau est, avec le dictyosome, dans du protoplasme résiduel latéral. Les dernières différenciations du nématocyste se forment alors. L'étui, fortement colorable, est fermé par un opercule dont les réactions tinctoriales sont différentes de celles de la capsule. Il contient un granule, probablement de sécrétion, porté par un court filament comme par un pédoncule (*fig.* 13).

A l'intérieur de l'étui, le filament cnidogène a, à sa base, le centrosome. Il est prolongé par le filament hélicoïdal fait d'un axe d'origine centrosomienne entouré d'une gaine de mitochondries.

Aux figures produites par le nématocyste nous rattachons des formations réfringentes, visibles *in vivo*, à axe bicuspide portant de courtes épines plus ou moins alternantes qui lui sont perpendiculaires, le tout figurant une arête de poisson paraissant contenue dans une matrice fusiforme. Seul Moroff (1909) les a figurées. Selon nous, elles sont étrangères à la genèse normale du nématocyste.

Chatton et Hovasse viennent de décrire ici même (10 janvier 1944) la cnidogenèse du Péridinien *Polykrikos Schwarzi*, où les phénomènes sont beaucoup plus compliqués que chez *Anemonia*. Nous ne pouvons les comparer ici. Les dictyosomes y figurent également. Dans les deux cas, on assiste à l'intervention initiale d'un centrosome ou cnidosome. Ainsi se trouve justifiée et généralisée aux Cœlentérés, l'interprétation que Chatton a émise dès 1925, à propos du *Polykrikos*, à savoir que le cnidocyste est un *dérivé de la cinétide*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gallica Pharmaceutica Acta. Recueil de Mémoires présentés à la Société de Pharmacie de Paris.

M. **Raymond Jouaust** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par la mort de M. *Joseph Bethenod*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence d'une série entière dont le terme général a sa partie réelle bornée en deux points de la circonférence-unité.* Note de M. **F. Teissier du Cros**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $Z = \Sigma \gamma_n z^n$ une série entière en $z = r e^{i\theta}$.

Théorème. — *Si la partie réelle a son terme général borné en deux points, d'arguments* θ_1 *et* θ_2, *de la circonférence* $r = 1$, *et si le nombre* $\omega = (\theta_2 - \theta_1)/\pi$ *est algébrique irrationnel, la série converge dans le cercle.*

Posons

$$\theta = \theta_1 + \pi\theta', \qquad \gamma_n e^{ni\theta_1} = a_n + ib_n \qquad (a_n,\ b_n,\ \text{réels}).$$

La partie réelle de $\gamma_n z^n$ est

$$(a_n \cos n\pi\theta' + b_n \sin n\pi\theta').r^n = t_n(\theta').r^n,$$

et l'on a

$$a_n^2 + b_n^2 = |\gamma_n|^2.$$

Par hypothèse, il existe une borne A telle que

$$|t_n(0)| < A, \qquad |t_n(\omega)| < A,$$

d'où

$$|a_n| < A, \qquad |a_n \cos n\pi\omega| < A, \qquad |b_n \sin n\pi\omega| < 2A;$$

$\sin n\pi\omega$ n'étant jamais nul, on en déduit que

$$|\gamma_n|^2 < A^2\left(1 + \frac{4}{\sin^2 n\pi\omega}\right).$$

Appelons d le degré de ω. D'après un *théorème de Liouville*, il existe un entier N tel que, pour n entier supérieur à N et pour p entier quelconque, on ait toujours

$$|n\omega - p| > n^{-d}.$$

Choisissons l'entier p de manière que

$$|n\omega - p| < \frac{1}{2},$$

nous aurons, pour $n > N$,

$$\sin\pi|n\omega - p| = |\sin n\pi\omega| > \sin\pi n^{-d},$$

et nous pouvons écrire

$$|\gamma_n|^2 < \frac{4A^2}{\pi^2} n^{2d}\left(\frac{\pi n^{-d}}{\sin\pi n^{-d}}\right)^2\left(1 + \frac{1}{4}\sin^2\pi n^{-d}\right).$$

Comme la racine $n^{\text{ième}}$ de chacun des facteurs du second membre tend vers l'unité quand n augmente indéfiniment,

$$\overline{\lim}|\gamma_n|^{\frac{1}{n}} \leqq 1,$$

ce qui est une condition suffisante pour que la série Z converge dans le cercle.

Remarque. — Si la différence des arguments des deux points est *commensurable avec* π

$$\theta_2 - \theta_1 = \pi \frac{p}{q} \qquad (p,\ q \text{ entiers}),$$

la partie réelle de la série entière $\sum_n i e^{-nqi\theta_1} B_n z^{nq}$ (B_n réel) a son terme général nul pour $\theta = \theta_1$ et $\theta = \theta_2$, mais on peut choisir les coefficients B_n de façon que le rayon de convergence ait une valeur quelconque. On voit que le résulta précédent n'est pas valable dans ce cas.

La convergence de la partie réelle en un *nombre fini* de points de la circonférence-unité n'entraîne pas nécessairement la convergence de la série entière dans le cercle, lorsque rien n'est spécifié au sujet de la mesure des arcs qu'ils délimitent.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des nombres réels et un théorème de M. Tei er du Cros* [1]. Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Paul ntel.

1. Étant donnés un nombre réel ω et p/n sa valeur (ou une valeur) la plus approchée à $1/n$ près (n entier positif, p entier), on a $r_n = |n\omega - p| \leqq (1/2)$. *Lorsque* ω *est algébrique irrationnel,* on a d'après Liouville $r_n > A n^{-\alpha}$, pourvu que n soit assez grand, $\alpha \geqq 1$ et $A > 0$ ne dépendant que de ω. Par suite, *si* $\varphi(x)$ *est une fonction donnée positive indéfiniment croissante avec* x *et telle que* $(\log x)/\varphi(x)$ *tende vers zéro lorsque* x *tend vers l'infini, on a*

$$\lim_{n=\infty} r_n^{\frac{1}{\varphi(n)}} = 1.$$

Cette égalité vaut quel que soit ω, si l'on y remplace lim par $\overline{\lim}$; on le voit sur le développement décimal. Soit un nombre ω du segment $(0, 1)$ pour lequel

$$\underline{\lim}_{n=\infty} r_n^{\frac{1}{\varphi(n)}} < 1. \tag{1}$$

A ω correspondent des $a < 1$ tels que, pour une suite infinie de valeurs de n, on ait $r_n < a^{\varphi(n)}$; ω appartient à une infinité d'intervalles

$$\left(\frac{q}{n} - \frac{a^{\varphi(n)}}{n}, \frac{q}{n} + \frac{a^{\varphi(n)}}{n}\right) \qquad (q = 0, 1, \ldots, n),$$

donc à des intervalles dont la somme des longueurs est arbitrairement petite. Pour chaque a les ω correspondants forment un ensemble de mesure nulle. Donnant à a une suite de valeurs tendant vers 1 et supprimant la restriction $0 \leqq \omega \leqq 1$, on voit que l'*ensemble* $E\{\varphi(n)\}$ *des nombres* ω *dont les*

[1] Voir ci-dessus, p. 44.

résidus r_n vérifient la condition (1) *est un ensemble de mesure nulle* (sur tout segment fini). Les nombres rationnels appartiennent à cet ensemble exceptionnel, les autres nombres exceptionnels sont transcendants; d'après Maillet, ce sont des nombres de Liouville, tout nombre est point de condensation de $E\{\varphi(n)\}$.

Le théorème donné par M. Teissier du Cros dans la Note précédente vaut pourvu que le nombre ω *de l'énoncé n'appartienne pas à l'ensemble* $E\{n\}$. *Cette condition relative à* ω *ne peut pas être améliorée.*

2. *Lorsque le quotient de* $\varphi(x)$ *par* $\log x \log_2 x$ *croît indéfiniment,* on peut définir des classes de fonctions entières $F(z)$, à croissance très lente, dont tous les zéros réels n'appartiennent pas à $E\{\varphi(n)\}$. On prend

$$F(z) = 1 + \sum_{1}^{\infty} \frac{a_m z^m}{R_1 R_2 \ldots R_m},$$

les R_m étant des entiers positifs tels que le rapport R_{m+1}/R_m tende vers l'infini avec n et chaque a_m étant pris arbitrairement parmi les $2M$ nombres ± 1, ± 2, ..., $\pm M$. D'après un résultat connu (Hadamard, *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 1309; Valiron, *Thèse*, 1914, p. 16), tous les zéros de $F(z)$ de module suffisamment grand sont réels et distincts. Si ω est un zéro réel et p/n une valeur la plus approchée à $1/n$ près, on a

$$F\left(\frac{p}{n}\right) = \left(\frac{p}{n} - \omega\right) F'(\zeta), \tag{2}$$

ξ tendant vers ω lorsque n croît indéfiniment (si ω est zéro multiple, on continue le développement). L'étude asymptotique de r_n est ramenée à l'étude du module du premier membre de (2). Or, on a, pour m assez grand,

$$F\left(\frac{p}{n}\right) = \frac{A_m}{R_1 R_2 \ldots R_m n^m} + [1 + o(1)] \frac{a_{m+1}}{R_1 R_2 \ldots R_{m+1}} \left(\frac{p}{n}\right)^{m+1}, \tag{3}$$

A_m étant un entier qui peut être nul. En supposant que $u_m = \sqrt[m]{R_m}$ croisse assez régulièrement, on obtient une borne inférieure du module de l'expression (3) en prenant pour m le plus petit entier pour lequel $2nR_{m+1} > a_{m+1}p^{m+1}$, sous la réserve que, pour cette valeur m, A_m ne soit pas nul; si $A_m = 0$, on remplace m par $m+1$. On voit que $1/|F(p/n)|$ est inférieur à $R_1 R_2 \ldots R_{q+1} n^{q+1}$, u_q devant être asymptotiquement égal à $|\omega| n$. Il suffit de supposer que R_m est asymptotiquement égal à e^v avec $v \doteq B^m m^k$, $B > 1$, $k \geqq 0$, pour obtenir des classes de fonctions répondant à la question. Lorsque $\varphi(x)$ croît plus vite qu'il vient d'être indiqué, on emploie des fonctions R_m croissant moins rapidement, mais plus vite que e^{Hm} si grand que soit H.

3. Si l'on se donne une suite de nombres positifs indéfiniment croissants λ_n et si ω est un nombre réel quelconque, on peut définir les entiers p_n et les résidus ρ_n par la condition $\rho_n = |\omega\lambda_n - p_n| \leqq 1/2$. Si la fonction $\varphi(x)$ vérifie la

condition du n° 1, on voit encore que l'on a

$$\lim_{n=\infty} \rho_n^{\frac{1}{\varphi(n)}} = 1,$$

sauf pour un ensemble $E\{\lambda_n, \varphi(n)\}$ de nombres ω, de mesure nulle. On en déduit cette extension du théorème de M. Teissier du Cros :

Soit une série de Dirichlet $\Sigma b_n e^{-\lambda_n s}$ telle que $\lambda_n/\log n$ croisse indéfiniment avec n et soit d_n la plus grande valeur absolue de la partie réelle du terme de rang n de cette série pour $s = it$ et $s = it'$ (t et t' réels, $i = \sqrt{-1}$). Si $\overline{\lim}_{n=\infty} d_n^{1/\lambda_n} \leqq 1$ et si $\omega = (t - t')/\pi$ n'appartient pas à $E\{\lambda_n, \lambda_n\}$, la série converge lorsque la partie réelle de s est positive; cette condition relative à ω ne peut pas être améliorée.

Lorsque les λ_n sont entiers, les nombres algébriques irrationnels ne font pas partie de $E\{\lambda_n, \varphi(\lambda_n)\}$; pour les nombres rationnels, divers cas sont possibles (cas de $\lambda_n \equiv c^n$ et de $\lambda_n \equiv n!$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension d'un théorème de Fatou et Privaloff.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

1. On sait que la fonction analytique $\psi(z)$, nulle à l'origine, holomorphe pour $|z| < 1$ et dont la partie réelle se réduit à $\Phi(\sigma)$ pour $z = e^{i\sigma}$, $0 \leqq \sigma \leqq 2\pi$, $\Phi(0) = \Phi(2\pi)$, est donnée pour $|z| \leqq 1$ au moyen de la formule de Poisson sous la forme de M. Villat [1]

$$(1)\quad \psi(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}[\Phi(s) - \Phi(\sigma)]\frac{1 + ze^{-is}}{1 - ze^{-is}}ds + \Phi(\sigma) \qquad \text{avec} \int_0^{2\pi}\Phi(s)\,ds = \psi(0) = 0.$$

Le noyau de l'intégrale de (1) étant singulier pour $z = e^{i\sigma}$, la formule (1) n'a de sens sur $|z| = 1$, et, *a fortiori*, l'expression correspondante de $\psi(e^{i\sigma})$ n'est continue que si la fonction $\Phi(\sigma)$ possède un module de continuité assez régulier. Nous nous proposons ici de relier les modules de continuité de $\Phi(\sigma)$ et de $\psi(e^{i\sigma})$ dans des cas plus généraux qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour [2].

2. Rappelons que par module de continuité on entend une fonction $f(r)$, positive pour r positif, non décroissante, nulle pour $r = 0$ [3], bornée pour $0 \leqq r < \infty$. Les seuls

(1) Cf. par exemple H. Villat, *Leçons sur l'hydrodynamique*, Paris, 1929, p. 70.

(2) A ma connaissance, le problème n'a été traité que dans le cas où $\Phi(\sigma)$ possède un module de continuité lipschitzien [cf. Fatou, *Thèse* (*Acta. Math.*, 30, 1906, p. 174)], höldérien (Priwaloff, *Bull. Soc. Math.*, 44, 1916, pp. 100-103), logarithmique [J. Kravtchenko, *Thèse* (*Journ. Math.*, 9e série, 20, 1941, pp. 65-69)].

(3) Le lecteur est prié de se reporter à mon Mémoire *Sur la continuité des dérivées du potentiel*, à paraître au *Journal de Mathématiques* en 1944. La présente Note a pour objet de mettre en évidence la parenté des méthodes employées, l'étude des potentiels d'une part et des intégrales du type (1) d'autre part.

modules $f(r)$ qui paraissent utiles dans les applications doivent posséder les propriétés suivantes : 1° l'intégrale

$$(2) \qquad \varphi(r) = \int_0^r \frac{f(r)}{r}$$

existe; la fonction $\varphi(r)$ qu'elle définit est un module de continuité; $\varphi(r)$ sera dit module *associé* à $f(r)$; 2° a étant une constante positive bornée, il existe une constante positive $K(f, a)$ telle que

$$(3) \qquad r\int_r^a \frac{f(s)}{s^2}\,ds \leqq K(f, a)\varphi(r),$$

si petit que soit r.

Il en résulte que, dans des cas très généraux, $f(r)|\log(1/r)|$ est aussi un module de continuité. Nous dirons que $\Phi(\sigma)$ vérifie une condition (f) si, quelles que soient les valeurs σ et σ_1 de l'intervalle $(0, 2\pi)$, on a

$$(4) \qquad |\Phi(\sigma) - \Phi(\sigma_1)| \leqq f[|\sigma_1 - \sigma|].$$

Dans tout ce qui suit, les hypothèses du paragraphe 2 seront supposées satisfaites.

3. Cela étant, $\psi(e^{i\sigma})$ définie par (1) et l'expression

$$(5) \qquad \psi_1(\sigma) = \int_0^{2\pi} \frac{[\Phi(s) - \Phi(\sigma)]}{s - \sigma}\,ds$$

possèdent, comme on le montre aisément, le même module de continuité, à une constante multiplicative bornée près. Posons alors $\eta = |\sigma_1 - \sigma|$ et partageons $(0, 2\pi)$ en trois intervalles partiels $E:(0, \sigma - 2\eta)$, $E_2:(\sigma - 2\eta, \sigma + 2\eta)$, $E_3:(\sigma + 2\eta, 2\pi)$ ([1]). La différence $|\psi_1(\sigma_1) - \psi_1(\sigma)|$ déduite de (5) se présente sous forme de somme de trois intégrales $\left|\int_{E_1} + \int_{E_2} + \int_{E_3}\right|$. Or, en vertu de (2) et de (4), $\left|\int_{E_1}\right|$ est majorée par un terme de la forme $\varphi[2|\sigma_1 - \sigma|]$; d'après (3) et (4), $\left|\int_{E_1}\right| + \left|\int_{E}\right| \leqq K(f, 2\pi)\varphi[2|\sigma_1 - \sigma|] + \text{const.} f(\eta)\left|\log\frac{1}{\eta}\right|$, ce qui fournit pour $\psi_1(\sigma)$ le module de continuité cherché. Si l'on pose

$$f(r) = \frac{1}{\left|\text{Log}\,\frac{1}{r}\right|^n},$$

$n > 1$, on retrouve les résultats du paragraphe 11 de ma Thèse; si $f(r) = \text{const.}\,r$, on obtient le lemme de Fatou.

4. Posons maintenant $z = e^{i\sigma}$, $z_1 = \rho e^{i\sigma}$, $0 \leqq \rho \leqq 1$. Des raisonnements analogues à ceux du paragraphe 3 prouvent que $|\psi(z) - \psi(z_1)|$ [cf. ([1])] est majorée par une expression de même forme que $|\psi(e^{i\sigma}) - \psi(e^{i\sigma_1})|$, pourvu qu'on remplace $|\sigma_1 - \sigma|$ par $|z - z_1|$.

([1]) Toutefois E_1, par exemple, sera vide par définition, et E_2 se réduira à $(0, \sigma + 2\eta)$ si l'intervalle $(\sigma - 2\eta, \sigma + 2\eta)$ contient le point $s = 0$.

5. En continuant les conclusions des paragraphes 3 et 4 on arrive à cette conclusion ([5]) : la fonction $\psi(z)$ [cf. ([1])] admet le module de continuité const. $[\varphi[|z-z_1|]+f[|z-z_1|]|\log(1/z-z_1)|]$ dans tout le cercle $|z|\leqq 1$.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude spectrométrique du spectre continu de la nébuleuse d'Orion.* Note ([1]) de M. **Daniel Barbier**, présentée par M. Bernard Lyot.

1. Les nébuleuses dont le spectre est formé de raies d'émission, les nébuleuses planétaires par exemple, ou certaines nébuleuses diffuses telles que la grande nébuleuse d'Orion, montrent aussi, lorsqu'on les étudie avec un spectrographe très lumineux, un spectre continu assez faible pour les longueurs d'onde supérieures à la limite de la série de Balmer et plus intense dans l'ultraviolet. Cette dernière portion du spectre est évidemment attribuable au spectre Balmer de recombinaison de l'hydrogène; son étude photométrique doit permettre, en admettant que la loi de distribution des vitesses des électrons libres dans la nébuleuse est maxwellienne, de déterminer la température électronique [Cillié ([2])]. L'origine du spectre visible est plus douteuse, car le spectre de recombinaison Paschen paraît trop faible pour l'expliquer; on a envisagé la possibilité d'une diffusion, par la nébuleuse, de la lumière de l'étoile excitatrice.

2. Des mesures spectrophotométriques précises doivent permettre de résoudre définitivement les questions posées par les idées précédentes. Celles qui sont rapportées ici, relatives à la nébuleuse d'Orion, résultent de clichés obtenus à l'Observatoire de Haute Provence avec un spectrographe du type Arnulf-Lyot ([3]) à optique de quartz ouvert à F/2 et dont la dispersion est de 250 Å/mm à 3700 Å.

Le dispositif de gradation est celui proposé par V. Hirsch et Schön ([4]) et par Soleillet et Martelly ([5]). Leur méthode a été comparée à la méthode de diaphragmation du collimateur. La source de comparaison a été en général αCMaj. et exceptionnellement β Orion; on a utilisé pour ces étoiles les données spectrophotométriques déterminées par Barbier et Chalonge ([6]). Leurs spectres étaient élargis au moyen d'une lame de quartz dépolie sur ses deux

---

([5]) Je me suis inspiré ici de suggestions de M. A. Oudart, *Thèse* (*Sur le schéma de Helmholtz-Kirchhoff*, Paris, 1944, pp. 23-26; cf. spécialement les paragraphes 2-817, 2-826).

([1]) Séance du 26 juin 1944.

([2]) *Monthly Notices of the R. A. S.*, **92**, 1931, p. 820.

([3]) *Réunions de l'Institut d'Optique*, 6e année, 1936, 6e réunion, p. 31; *Annales d'Astrophysique*, **6**, 1943, p. 21.

([4]) *Zeitschrift für Astrophysik*, **1**, 1930, p. 164.

([5]) *Journal de Physique*, 8e série, **2**, 1941, p. 109.

([6]) *Annales d'Astrophysique*, **4**, 1941, p. 30.

faces, disposée en avant de la fente du spectrographe. La transmission spectrale de cette lame a été étudiée.

Les corrections d'absorption atmosphérique ne sont pas considérables, la nébuleuse et l'étoile se trouvant à des distances zénithales comparables. Pour l'une des trois séries d'observations, on a déterminé directement cette absorption sur des spectres de la nébuleuse pris à des distances zénithales différentes : elle correspond sensiblement à une pure diffusion moléculaire.

3. Les résultats sont les suivants : Dans la partie du spectre de longueurs d'onde plus grandes que 3647 Å, les ailes des raies, d'origine instrumentale, se recouvrent en beaucoup d'endroits, ce qui empêche l'étude du spectre continu. En conformité d'ailleurs avec l'aspect des enregistrements, il n'a semblé possible de retenir que deux points à λ 4567 et à λ 4190 comme représentant réellement le fond continu. Dans l'ultraviolet au contraire, les raies étant pratiquement absentes, les points expérimentaux s'alignent très bien sur une droite en prenant $\log I$ et $1/\lambda$ comme coordonnées. En gros on peut dire que l'intensité du spectre continu est constante de chaque côté de la discontinuité de Balmer, mais 3,5 fois plus grande du côté ultraviolet.

Ces résultats sont en accord pour l'ultraviolet avec ceux trouvés par Greestein et Henyey (7); ils sont en désaccord complet pour le visible et pour la grandeur de la discontinuité de Balmer. Ceci provient incontestablement de l'emploi par ces auteurs d'un spectrographe sans lentille collimatrice, mis au point sur la nébuleuse et non sur la fente; les raies de leurs spectres avaient par suite une largeur considérable et les raies faibles formaient un faux spectre continu superposé au spectre vrai.

4. Il semble impossible d'expliquer le spectre visible par la diffusion de la lumière de l'étoile excitatrice, car les mesures relatives aux deux points où l'on atteint le spectre continu montrent que sa température de couleur est beaucoup plus basse que celle de l'étoile.

D'autre part on ne peut pas rendre compte du spectre ultraviolet par une température électronique vraisemblable. Il paraît par suite extrêmement probable que la distribution des vitesses électroniques n'est pas maxwellienne; cette hypothèse était d'ailleurs purement arbitraire, l'équilibre thermodynamique étant loin d'être réalisé dans une nébuleuse. Hagihara (8) a d'ailleurs montré récemment qu'elle ne doit pas être maxwellienne, et les premiers résultats qu'il a obtenus semblent indiquer déjà que sa théorie expliquera complètement le spectre continu de la nébuleuse d'Orion tel qu'il vient d'être observé.

---

(7) *Astrophysical Journal*, **89**, 1939, pp. 647 et 653.

(8) *Japonese Journ. of Astr. and Geoph.*, **17**, 1940, pp. 199 et 417; **18**, 1940, p. 89.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les décompositions des équations de particules à spin quelconque.* Note [1] de M. **Jacques van Isacker.**

1. Considérons l'équation générale qui décrit l'état d'une particule de spin quelconque en l'absence de champ extérieur

$$(1)\qquad (\mathrm{H}+\varkappa_0)\psi=0,$$

$$(2)\qquad \mathrm{H}=\sum_{\mu=1}^{n}\frac{1}{n}\mathrm{H}_{(\mu)},\qquad \mathrm{H}_{(\mu)}=\sum_{i=1}^{n}\Gamma^{i}_{(\mu)}\partial_i,$$

$$\Gamma^{i}_{(\mu)}=\mathrm{I}_{(1)}\times\ldots\times\gamma^{i}_{(\mu)}\times\ldots\times\mathrm{I}_{(n)},\qquad \partial_i=ih\frac{\partial}{\partial x^i},$$

les $\gamma^{i}_{(\mu)}$ étant des systèmes de matrices de Dirac. On vérifiera aisément que H, $\mathrm{H}_{(1)}$, ..., $\mathrm{H}_{(n)}$ commutent entre eux; il en résulte l'existence d'un système de solutions de (1) qui vérifient également

$$(3)\qquad \mathrm{H}_{(\mu)}\psi=h_\mu\psi.$$

Remarquons que

$$(4)\qquad \mathrm{H}_{(\mu)}\mathrm{H}_{(\mu)}=\Sigma\,\partial_i\partial_i=-\hbar^2\square.$$

De (2) et (4) on tire

$$(5)\qquad h_1^2=h_2^2=\ldots=h_n^2=\varkappa_0^2.$$

On obtiendra donc tous les systèmes de valeurs propres possibles pour (3) en prenant

$$(6)\qquad h_\mu=h_\mu^{\nu\alpha}=-\varepsilon_\mu^{\nu\alpha}\frac{n\varkappa_0}{n-2\nu}\qquad\text{avec}\quad \varepsilon_\mu^{\nu\alpha}=\pm1;\qquad \sum_\mu\varepsilon_\mu^{\nu\alpha}=n-2\nu,$$

où $\nu=0,1\ldots(n-1)/2$ si n est impair, $=0,1\ldots(n-2)/2$ si n est pair. L'indice α permet de distinguer les C_n^ν systèmes de ε vérifiant (6).

Toute solution ψ de l'équation générale (1) peut donc s'exprimer sous la forme d'une somme de fonctions $\psi^{\nu\alpha}$ solutions des systèmes d'équations

$$(7)\qquad [\mathrm{H}_{(\mu)}+\varepsilon_\mu^{\nu\alpha}\varkappa_\nu]\psi^{\nu\alpha}=0,$$

$$(8)\qquad [\hbar^2\square+\varkappa_\nu^2]\psi^{\nu\alpha}=0,$$

correspondant donc à la masse $m_\nu=\varkappa_\nu/ic(\varkappa_\nu=n\varkappa_0/n-2\nu)$.

2. Multiplions l'équation (8) par devant, par la matrice unitaire

$$(9)\qquad \mathrm{R}^{\nu\alpha}=\prod_{1}^{n}(\Gamma^1_{(\mu)}\Gamma^2_{(\mu)}\Gamma^3_{(\mu)}\Gamma^4_{(\mu)})^{\left(\frac{1-\varepsilon^{\nu}{}_{\mu\alpha}}{2}\right)}$$

---

[1] Séance du 5 juin 1944.

on obtiendra

$$(\mathrm{H}_{(\mu)} + \varkappa_\nu)\Phi^\nu = 0, \tag{10}$$

$$(\hbar^2 \Box + x_\nu^2)\Phi^\nu = 0, \tag{11}$$

en posant

$$\Phi^\nu = \mathrm{R}^{\nu\alpha}\psi^{\nu\alpha}. \tag{12}$$

Par conséquent, toute solution de (1) pourra s'exprimer sous forme d'une somme de Φ^ν, solutions de (10). On voit également que les solutions des divers systèmes (7) se déduisent tous par (12) du système unique (10). Dans ce sens, les systèmes (7) ont mêmes propriétés physiques.

3. Lubansky (2) a donné une méthode générale permettant de décomposer le système (1) en groupes d'équations indépendantes. On peut étendre ces raisonnements aux systèmes (10) en remarquant que ce système (10) est équivalent à l'ensemble des systèmes (1) (avec $\varkappa_\nu$ au lieu de $\varkappa_0$) et (11). Or les équations de ce dernier système ne portent que sur une seule composante à la fois. Elles sont entièrement décomposées.

Considérons par exemple le cas où $n = 4$. Φ^ν a $4^4 = 256$ composantes, qui se répartissent suivant 6 groupes d'équations :

1 groupe	portant	sur	35	composantes et	correspondant au spin	2
3 groupes	»	»	3×35	»	»	1
2 »	»	»	2×14	»	»	0

Les 88 dernières composantes sont nulles en vertu des équations (10). Mme Tonnelat (3) a décomposé le système (10), pour $\nu = 0$, en 5 groupes d'équations distincts, mais il est facile de voir que son système S, relatif au graviton, à savoir

$$\mathrm{S}\begin{cases} \partial_i\Phi(jk) - \partial_j\Phi(ik) = -\varkappa_0\Phi[ij]k, \\ \partial_i\Phi[ij]k = -\varkappa_0\Phi(jk), \\ \partial_i\Phi[jk]l - \partial l\Phi[jk]i = \varkappa_0\Phi([il][jk]), \end{cases}$$

se décompose lui-même en deux systèmes distincts S^0 et S^2 :

$$\mathrm{S}^0\begin{cases} -\varkappa_0\Phi_i^0 = \partial_i\Phi^0, \\ -\varkappa_0\Phi^0 = \partial_i\Phi_i^0, \\ \varkappa_0\Phi_{(ij)}^0 = \partial_i\Phi_j^0, \end{cases} \qquad \mathrm{S}^2\begin{cases} -\varkappa_0\Phi^2(ij) = \partial_k\Phi^2[ki]j, \\ -\varkappa_0\Phi^2[ij]k = \partial_i\Phi^2(jk) - \partial_j\Phi^2(ik), \\ \varkappa_0\Phi^2([ij][kl]) = \partial_i\Phi^2[kl]j - \partial_j\Phi^2[kl]i, \end{cases}$$

(2) *Physica*, **9**, III, 1942, p. 316.

(3) Mme TONNELAT, *Annales de Phys.*, **17**, 1942, p. 158; voir aussi L. DE BROGLIE, *Théorie générale des particules à spin*, p. 181.

en posant

$$\Phi^0 = \frac{1}{3}\Sigma\Phi(ij); \qquad \Phi_i^0 = \frac{1}{3}\Sigma\Phi[ij]j; \qquad \Phi^0(ij) = \frac{1}{3}\Sigma\Phi([ik][jk]) + \frac{1}{3}\Phi(ij);$$

$$\Phi^2(ij) = \Phi(ij) - \delta_{ij}\Phi^0 - \Phi^0(ij); \qquad \Phi^2[ij]k = \Phi[ij]k + \delta_{ik}\Phi_j^0 - \delta_{jk}\Phi_0;$$

$$\Phi^2([ij][kl]) = \Phi([ij][kl]) + \delta_{il}\Phi^0_{(jk)} - \delta_{ik}\Phi^0_{(jl)} - \delta_{jl}\Phi^0_{(ik)} + \delta_{jk}\Phi^0_{(il)}.$$

Le système S^2 est identique au système d'équations données par Fierz (4) dans le cas du corpuscule de spin 2 et de masse non nulle.

COURANT ALTERNATIF. — *Sur la période d'un pendule entretenu par le courant alternatif.* Note de MM. **Edgar Hirschi** et **Pierre Mesnage**, présentée par M. Henri Villat.

La possibilité d'entretenir un pendule par le courant alternatif sans relation de fréquence est connue depuis quelque temps (1) : les présents essais ont été entrepris dans le double but de juger des qualités pratiques du système et d'essayer d'élucider quelques-uns des nombreux points restant obscurs dans la théorie.

Nous utilisons une pendulette 0,5 seconde Lepaute dont le contact est supprimé et l'aimant remplacé par un faisceau de fils de fer doux; la bobine est placée en série avec un condensateur permettant l'accord du circuit sur la fréquence du secteur. Des observations recueillies sur le fonctionnement de cette horloge, les unes rentrent bien dans le cadre de la théorie de Hartley-Rocard ; d'autres semblent indiquer des phénomènes notablement plus compliqués.

Au nombre des premières est l'existence d'un seuil de tension pour l'entretien correspondant à chaque valeur des éléments du circuit bobine-condensateur, et le minimum de ce seuil lorsque le circuit est *grosso modo* en résonance sur le secteur (résonance très peu accusée d'ailleurs). L'étude oscillographique du courant dans la bobine fait apparaître un déphasage entre la modulation du courant à la pulsation α du pendule et le mouvement de celui-ci, où l'on peut voir la trace de l'excès de la composante en $\omega - \alpha$ sur la composante en $\omega + \alpha$, excès qui est, suivant la théorie, responsable de l'entretien. On reconnaît que la modulation contient avec intensité les harmoniques 2α et 3α au moins.

En regard il y a d'abord l'absence d'autorégulation de l'amplitude, sérieux inconvénient, au reste, pour une horloge. Si la tension est inférieure au seuil d'entretien, le pendule s'amortit et s'arrête, mais, dès qu'elle le dépasse, le mouvement s'amplifie : on ne voit pas s'établir d'amplitude de régime, mais il

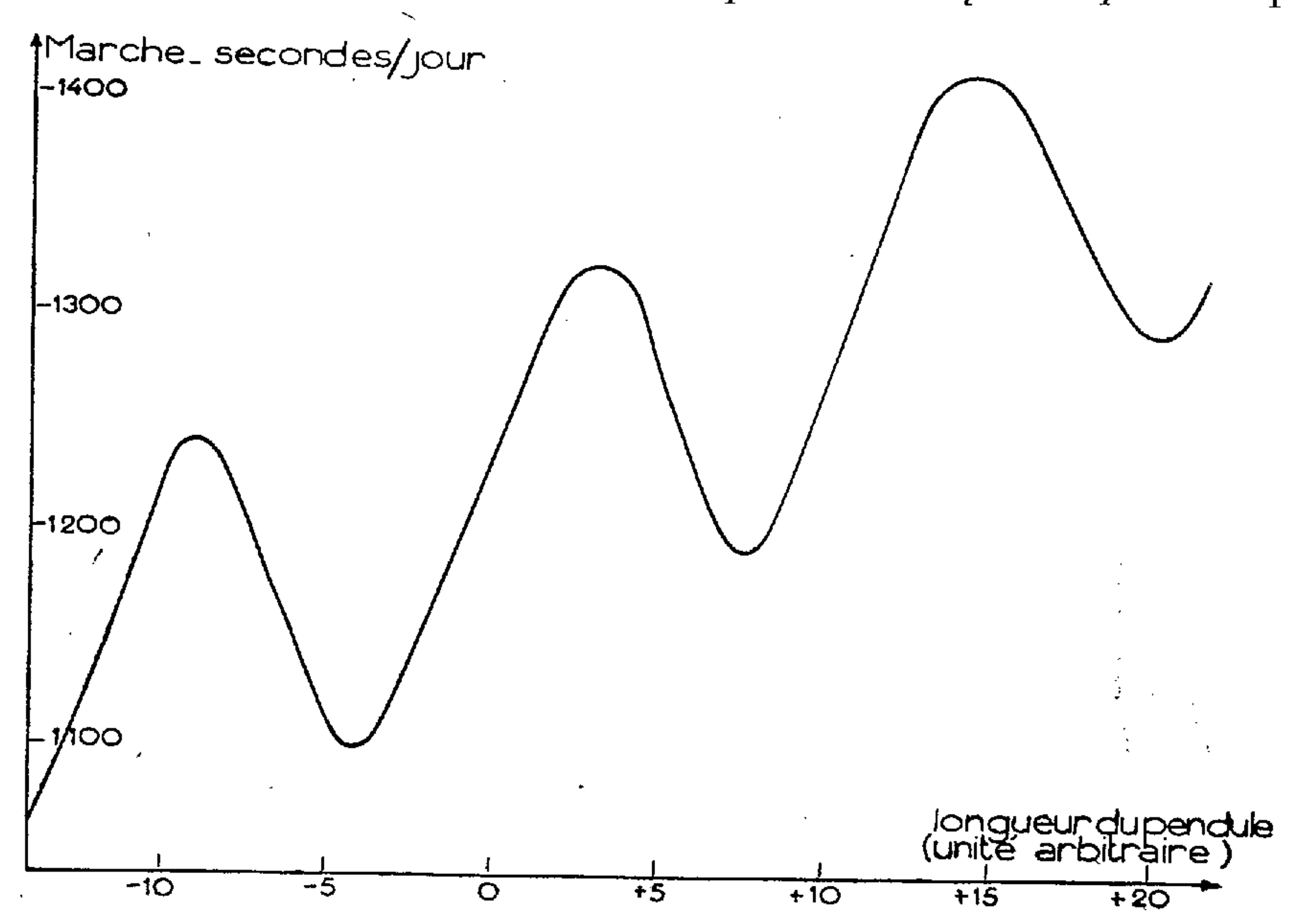
---

(4) *Helv. Phys. Acta*, **12**, 1939, p. 3.

(1) Cf. Bethenod, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 847; et Rocard, *Revue Scientifique*, 1942, p. 20. Ce dernier article contient une bibliographie et l'exposé le plus simple de la théorie.

semble que, l'impulsion d'entretien augmentant avec l'amplitude, celle-ci ait tendance à croître sans limite. En disposant une butée élastique et en prenant une tension très légèrement amplificatrice, l'horloge a une marche très régulière.

Mais le fait le plus important et qui nous semble totalement étranger à la théorie est le suivant : si l'on fait varier la pulsation propre α_0 du pendule supposé libre en déplaçant la masse de réglage, la pulsation α du pendule entretenu, et par suite la marche de l'horloge varient comme il est indiqué sur la figure. Les variations de $\alpha - \alpha_0$ sont importantes et *périodiques*. La période

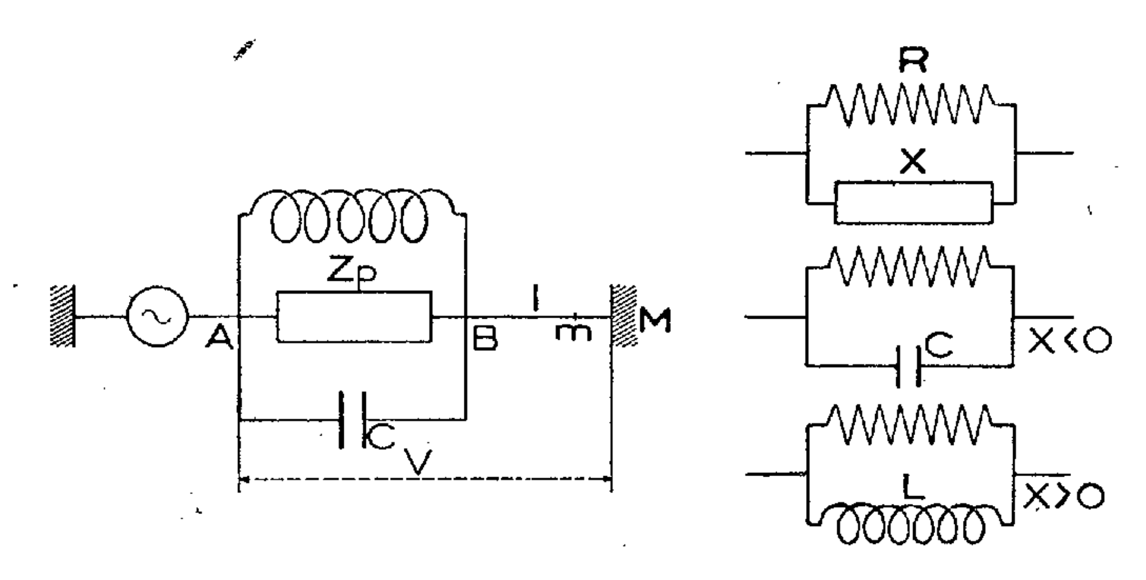


de ces variations, qui correspond à un changement de 0,00128 sec. de la période propre du pendule, semble à la fois sans rapport avec celle-ci comme avec celle du secteur. Les mesures de marche sont faites *à amplitude constante* (maintenue telle par l'opérateur puisque la stabilisation n'est pas automatique) : l'expérience a montré que c'était nécessaire pour avoir des résultats cohérents. La courbe figurée est une moyenne : en réalité la superposition des courbes obtenues en déplaçant la masse dans un sens et dans l'autre est imparfaite, ce qui est attribué à la non-constance de l'état magnétique du noyau, c'est-à-dire en fait à son hystérésis. Celle-ci joue certainement un rôle dans tout le phénomène : elle pourrait constituer à elle seule une cause possible d'entretien (²), et il importerait de séparer cet effet des autres. C'est pourquoi un des premiers contrôles que nous proposons d'effectuer consistera à recommencer les essais avec un noyau en anhyster. Un effet possible de la fréquence d'alimentation sera aussi à envisager. C'est seulement ensuite qu'on pourra songer à interpréter ces particularités.

(²) Comme M. Rocard l'a fait remarquer à l'un de nous dans une Note inédite.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur l'impédance des tubes à gaz parcourus par une décharge de haute fréquence.* Note de M. **Pierre Mesnage**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué ([1]) le principe des mesures : le gaz raréfié contenu dans un tube cylindrique est placé dans l'axe de la self d'un circuit accordé excité en tension. Self et condensateur étant étalonnés pour la fréquence utilisée (26 MHz), la mesure simultanée de V de I et de C (*fig.*) donne tous les éléments de



l'impédance du tube, en appelant ainsi celle d'un dipôle comportant résistance, self ou capacité qui, connecté de façon déterminée, peut être en imagination substitué au tube. J'évaluerai l'*impédance parallèle* Z_p correspondant au dipôle en parallèle sur le condensateur et la self du circuit, et dans Z_p je conviendrai de regarder la partie réelle R et la partie imaginaire jX, qui peut être soit une self ($X > 0$), soit une capacité ($X < 0$) comme étant en parallèle entre elles. Il est facile de transformer ces éléments pour les adapter à tout autre schéma.

La mesure de V se fait au moyen du voltmètre à diode déjà décrit ([2]). Celle de I est réalisée de la manière suivante : la partie BM du circuit est un tube de cuivre rectiligne; en un point m voisin de la masse M on branche un voltmètre à lampes qui mesure la différence de potentiel mM. L'impédance de cette portion de circuit est calculable; elle se réduit pratiquement à la self de l'élément mM augmentée de la mutuelle entre cet élément et le reste du conducteur MB qui lui est adjacent ([3]). On en déduit le courant; quelques vérifications m'ont montré que cette évaluation est correcte à quelques % près. Les mesures actuelles restent encore très dispersées, imprécision que j'attribue entre autres causes au peu de stabilité du régime de l'oscillateur.

Au point de vue de la *résistance*, les décharges se classent en deux types. Dans le premier la résistance est sensiblement indépendante du champ

---

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 702.
([2]) Cf. par exemple Rosa, *Bull. Bureau of Standards*, **4**, 1907, p. 301.
([3]) Tubes préparés par M. Herreng.

électrique excitateur; c'est le cas de l'argon excité en régime *électrostatique*, pour parler comme Félix Esclangon ([3]). On peut alors attribuer aux gaz une conductibilité métallique γ et la calculer comme dans la Note précitée ([4]) ($\gamma = 0,11$ ohm^{-1}/cm pour une pression de $11^{mm},3$ $0,26$ pour $p = 2^{mm}$). Dans le second type, correspondant à peu près au régime *induit* d'Esclangon, la résistance varie et souvent très vite avec le champ excitateur dont elle paraît dans toutes les conditions réalisées être une fonction décroissante ([5]). Cette variation dépend principalement du pouvoir ionisant et des échanges d'énergie des électrons en fonction de leur vitesse (argon, hydrogène, oxyde de carbone, vapeur de mercure). Dans ce dernier cas quand on augmente la pression, on retrouve les mêmes valeurs de la résistance dans des champs plus faibles. Les décharges les plus brillantes sont en général localisées dans un plasmoïde à bords définis, ce qui rend illusoire le calcul de la conductibilité effectué comme ci-dessus. La résistance parallèle s'abaisse par exemple de 3000 à 500 ohms avec le même tube à argon en passant du premier régime au second.

La *partie imaginaire* de l'impédance Z_p peut avoir l'un ou l'autre signe. Dans les gaz (argon, oxyde de carbone), elle équivaut à une capacité.

Exemples :	R.	X.
argon, pression 11^{mm}	20000 Ω	—30000 Ω
» » 2^{mm}	8800	—20000
oxyde de carbone (conditions du max. de puissance dépensée).	4000	—15000

Dans les valeurs métalliques (mercure, zinc, cadmium), elle équivaut à une self et décroît quand le champ excitateur et la pression augmentent.

	Pression (mm).	V.	R.	X.
Exemples :	$0,4.10^{-3}$	1000 V	2900 Ω	6000 Ω
vapeur de mercure	0,03	500	1500	1700
	0,28	400	1700	1700

Il peut y avoir une erreur relative importante sur les valeurs de X, mais leur existence et leur signe sont hors de doute : le déphasage correspondant entre le champ et le courant, qui peut dépasser 45°, traduit l'inertie des porteurs de charges responsables du courant dans le gaz, qui sont des électrons et des ions positifs en proportion variable.

Quand un nombre suffisant de telles données aura été rassemblé, ces mesures faites du point de vue macroscopique seront de nature à renseigner sur ce qui se passe dans le plasma, siège de la décharge de haute fréquence sans y provoquer aucune perturbation.

([4]) J'ai utilisé alors la *résistance série* au lieu de la résistance parallèle.

([5]) et non croissante, comme il est dit par erreur dans la Note précitée.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Introduction d'une onde porteuse dans les analyseurs de télévision à électrons lents.* Note de M. **René Barthelemy**, présentée par M. Camille Gutton.

Le problème de la modulation d'une onde porteuse de fréquence élevée par un effet photoélectrique a été posé depuis les premières expériences de télévision, mais il n'avait pu jusqu'ici recevoir que des solutions indirectes nécessitant l'emploi d'un amplificateur préalable, apériodique.

L'analyseur le plus répandu actuellement, l'*iconoscope*, utilisant un faisceau cathodique très délié et accéléré par une tension dépassant 1000 volts, ne se prête pas à une action directe de l'effet photoélectrique, qui ne produit que des différences de potentiel de l'ordre du volt. On est donc amené à les amplifier considérablement.

Il en va tout autrement avec les nouveaux tubes analyseurs à électrons lents. En effet, au cours de l'établissement de tubes de ce genre, nous avons pu tracer la courbe du courant, qui aboutit aux grains de la mosaïque photosensible, en fonction du potentiel, donc de l'éclairement de ces particules. En particulier, dans un *isoscope*, à mosaïque transparente et à déviations et concentrations magnétiques, nous avons obtenu une caractéristique $i_m = f(V)$ (i_m courant aboutissant à la mosaïque, V potentiel de la mosaïque au point d'impact), analogue à celle d'une diode, ce qui confirme d'ailleurs la théorie du fonctionnement de ce tube (*fig.* 1) et montre que l'on dispose d'un excellent *modulateur*

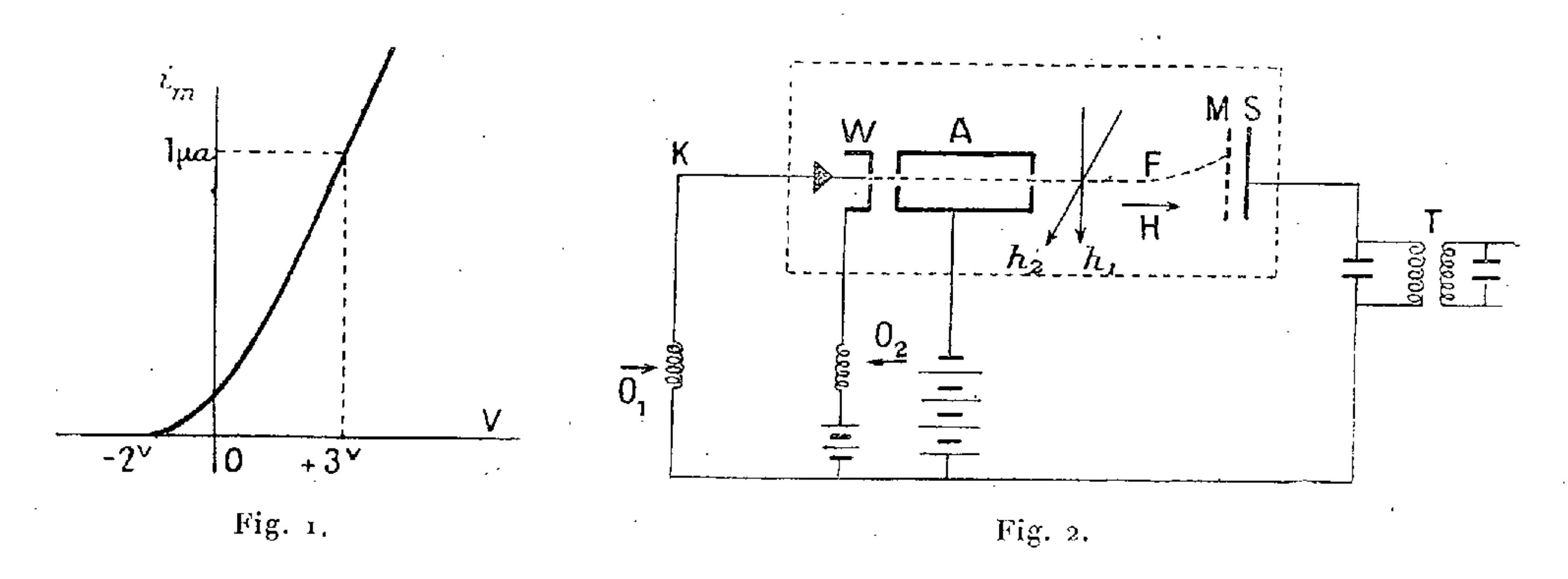


Fig. 1. Fig. 2.

direct d'une intensité de courant par la lumière. A titre d'indication, un éclairement de quelques lux procure une élévation de potentiel de 3 à 4 volts, entre deux impacts de faisceau, séparés par 1/25 de seconde.

Un perfectionnement immédiat consiste à créer un faisceau modulé à la fréquence de l'onde porteuse que l'on désire introduire pour obtenir, par la sortie capacitive du tube, un courant oscillant à cette fréquence, dont l'enveloppe représente l'éclairement de chaque point d'image. On peut l'amplifier à l'aide de lampes et de circuits accordés présentant la bande passante convenable.

L'application de ce procédé est toujours fort délicate sinon impossible, lorsque la porteuse atteint les fréquences élevées nécessaires en télévision. Il faut, en effet, éviter tout rayonnement direct de l'oscillateur, modulant le faisceau, sur l'entrée d'un amplificateur extrêmement sensible et accordé précisément sur la pulsation de cet oscillateur. Malgré toutes les précautions de blindage, on ne peut éviter d'appliquer à l'électrode de commande (Wehnelt) du faisceau une tension de quelques volts, et ce point ne se trouve qu'à 20^{cm} du collecteur d'ondes accordé constitué par l'électrode de sortie.

Aussi avons-nous appliqué une méthode nouvelle, rappelant celle du superhétérodyne dans les récepteurs de radiophonie.

Au lieu d'appliquer sur le cylindre de Wehnelt, W (*fig.* 2) qui commande l'intensité du faisceau électronique F, une tension de fréquence f sur laquelle est accordé le transformateur de sortie T, on insère, dans le circuit cathode-Wehnelt de l'isoscope deux tensions O_1 et O_2, provenant de deux oscillateurs différents de fréquences f_1 et f_2 telles que $f_1 - f_2 = f$.

La forme de la courbe caractéristique montre qu'une détection s'opère et l'intensité du faisceau est modulée à la fréquence f, sans qu'il apparaisse de tension notable de cette fréquence sur les organes d'entrée. L'influence des oscillateurs O_1 et O_2 sur le circuit S, est pratiquement nulle, grâce à la sélectivité de ce circuit.

Le courant pulsatoire, issu de la plaque signal S, transparente, couplée par capacité à la mosaïque M, est modulé par chaque point éclairé, au fur et à mesure des impacts du faisceau, lequel est dévié, périodiquement, par les champs orthogonaux h_1 et h_2 et concentré par le champ H. Il a été vérifié que, en l'absence de lumière, l'onde de battement, qui atteint le transformateur T, est nulle.

Ce dispositif, d'une grande commodité de réalisation, simplifie notablement tout l'appareillage usuel de télévision.

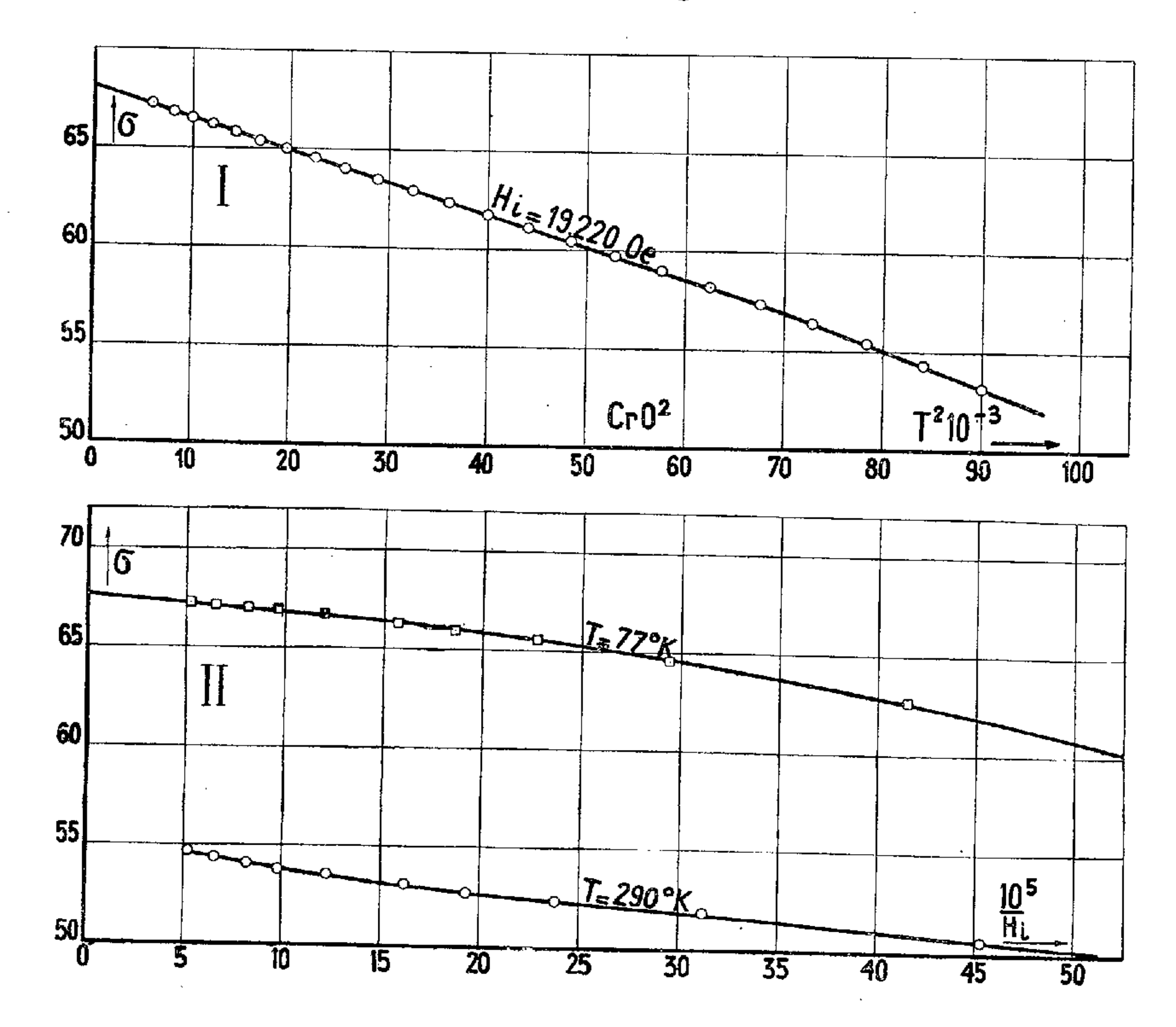
MAGNÉTISME. — *Propriétés ferromagnétiques du bioxyde de chrome* CrO^2. Note de MM. **Charles Guillaud, André Michel, Jacques Bénard** et **Maurice Fallot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Deux d'entre nous ont établi ([1]) la structure cristalline et la formule de l'oxyde ferromagnétique de chrome. Rappelons qu'il s'agit du bioxyde de chrome CrO^2 isomorphe du rutile et différent du chromate de chrome CrO^3. Cr^2O^3 de même formule brute. Nous nous sommes proposé de reprendre l'étude magnétique de cet oxyde sur des échantillons plus purs que celui qui avait été utilisé auparavant ([2]). La méthode de préparation la plus intéressante

([1]) A. Michel et J. Bénard, *Comptes rendus*, 200, 1936, p. 1316.

([2]) A. Michel et J. Bénard, *Bull. Soc. chim. France*, 5, 1943, p. 315.

utilise la décomposition thermique de CrO^2Cl^2 et conduit à un mélange qui renferme 50 % environ de CrO^2 dans les cas les plus favorables; le reste est constitué par du sesquioxyde de chrome ($8Cr^2O^3 + O$) ayant fixé de l'oxygène en solution solide. Il est difficile de faire une séparation par un traitement chimique ultérieur, les deux oxydes étant également solubles dans les acides et



insolubles dans les bases. Le mélange a été analysé en déterminant la perte de poids qu'il subit, après calcination à 900°, suivant les deux réactions

$$2CrO^2 \rightarrow Cr^2O^3 + \frac{1}{2}O^2,$$

$$\text{sol. solide } (8Cr^2O^3 + O) \rightarrow 8Cr^2O^3 + \frac{1}{2}O^2.$$

Un épuisement préalable par une solution de soude à l'ébullition élimine les chromates supérieurs et les traces de chlorure de chromyle qui pourraient subsister dans le mélange.

Les études magnétiques ont porté sur deux échantillons préparés indépendamment l'un de l'autre afin de permettre une vérification des résultats en fonction de la teneur en CrO^2. La figure, relative à l'échantillon 1, traduit les variations de l'aimantation spécifique σ en fonction de T^2 pour un champ intérieur de 19220 Oe (courbe I); et en fonction de $1/H_i$ (courbes II) aux températures de 290°K. et 77°K. L'échantillon 2 a donné des courbes présentant les

mêmes caractéristiques. Les deux échantillons possèdent le même point de Curie à 121°C.

La courbe I permet de reconnaître que, pour les champs élevés et aux basses températures, l'aimantation peut être représentée par

$$\sigma_T = \sigma_0(1 - AT^2 \ldots) \quad (^3).$$

Les courbes II montrent qu'à la température ordinaire la loi d'approche

$$\sigma_H = \sigma_\infty\left(1 - \frac{a}{H}\right) \quad (^3)$$

n'est pas vérifiée, mais qu'à basse température cette loi hyperbolique devient valable pour les champs forts, en particulier pour la courbe à 77°K. à partir d'un champ de 7500 Oe. Les résultats expérimentaux permettent de dresser le tableau suivant :

Échantillons et essais.		CrO^2 %.	CrO^2 % moyenne.	σ_∞. 0°K. expérimental.	100 % CrO^2.	100 % CrO^2 moyenne.
1	1......	49,6	49,8	68,5	137,5	138,3
	2......	50,1				
2	1......	39,9	39,6	55,1	139,1	
	2......	39,4				

ce qui donne pour l'atome de chrome entrant dans la molécule $\sigma_{at} = 11618,6$. En admettant une erreur de $\pm 1,5$ %, le moment de l'atome de chrome est

$$n = 10,32 \pm 0,15 \mu_W \quad \text{ou} \quad 2,07 \pm 0,03 \mu_B.$$

CrO^2 cristallisant dans le système quadratique ($a = 4,41$ Å; $c = 2,86$ Å), les atomes de chrome, qui sont à la plus courte distance (2,86 Å), forment une chaîne linéaire suivant les axes quaternaires, et l'on peut envisager qu'en première approximation les interactions suivant ces chaînes, où chaque atome de chrome possède deux voisins, sont responsables du ferromagnétisme. Cette hypothèse est appuyée par le fait que les chaînes linéaires du manganèse sont ferromagnétiques à partir de 2,81 Å (4).

ÉLECTRONIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'étude du mécanisme de l'action photographique des électrons*. Note de M. **Pierre Selme**, présentée par M. Bernard Lyot.

L'action photographique des électrons n'a été étudiée jusqu'ici que par les procédés habituels de la sensitométrie, qui consistent à établir et interpréter les courbes de noircissement, en faisant varier les divers facteurs dont on dispose,

(3) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. Phys.*, **12**. 1929, p. 279.
(4) Ch. Guillaud, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

ou encore au moyen de la diffraction des électrons sur une émulsion diluée [1] qui, si elle donne des renseignements plus précis sur la libération de l'argent, ne permet d'atteindre que des états voisins de la solarisation en raison du temps nécessaire à l'enregistrement des diagrammes.

L'interprétation des courbes de noircissement est délicate pour trois raisons :

1° Le registre des densités est beaucoup plus étendu dans le noircissement par électrons que par la lumière. Or la mesure des fortes densités est toujours difficile et entachée d'erreurs parfois considérables dues à la lumière parasite.

2° Les corrections de voile sont assez incertaines, car les tubes électroniques donnent toujours lieu à une émission parasite de rayons X.

3° L'impact des électrons dans l'émulsion donne lieu à des émissions de fluorescence dans un domaine de fréquences mal connu. Seitz et Harrig [2] ont d'ailleurs montré que le phénomène secondaire intervient pour une grande part dans l'allure des courbes de noircissement pour les tensions inférieures à 20 kV.

Nous avons cherché à mettre en évidence la part due à ces rayonnements secondaires en distinguant celle du tube et celle de l'émulsion. La disposition générale des appareils est analogue à celle de Nacken [3] : Le faisceau d'électrons est diffusé sur une feuille d'aluminium de 1^{μ} située à 15^{cm} de l'émulsion qui se trouve enfermée dans un cylindre de Faraday permettant la mesure de la charge reçue. Un rodage commande le mouvement sous vide de la surface sensible qui peut ainsi recevoir 20 plages circulaires de 5^{mm} de diamètre. Le temps de pose est déterminé au moyen de l'obturateur que nous avons décrit dans une précédente Note [4]. Le diaphragme limitant le faisceau diffusé avant son entrée dans le cylindre est recouvert par moitié d'une feuille d'aluminium de 0,05 à $0^{mm},2$ d'épaisseur suivant les tensions utilisées, ou encore d'une feuille de film support sans émulsion, ce qui arrête le faisceau d'électrons sans donner lieu à une émission X trop importante. Les rayons X émis dans le tube traversent facilement cette feuille et impressionnent l'émulsion située derrière (courbe I_2), ce qui permet d'en tenir compte pour la correction de la courbe de noircissement global (I_1). Derrière cette première émulsion sur film se trouve un cache circulaire découpé dans un film de même nature et tel que chaque plage correspondante d'un second film sensible en est recouverte par moitié, et se trouve ainsi partagée en quatre. Ces deux premières parties de la plage reçoivent les rayons X émis dans l'appareil après traversée du premier film (courbe II_1) et du cache, la troisième, ces rayons plus le rayonnement de fluorescence de l'émulsion (courbe II_2) et la quatrième le même ensemble de rayonnements après absorption dans une nouvelle épaisseur de film (courbe II_3).

---

(1) TRILLAT et MERIGOUX, *Journ. de Phys.*, 7e série, 7, 1936, p. 497.

(2) *Phys. Zeits.*, 30, 1929, p. 758.

(3) *Phys. Zeits.*, 31, 1930, p. 296.

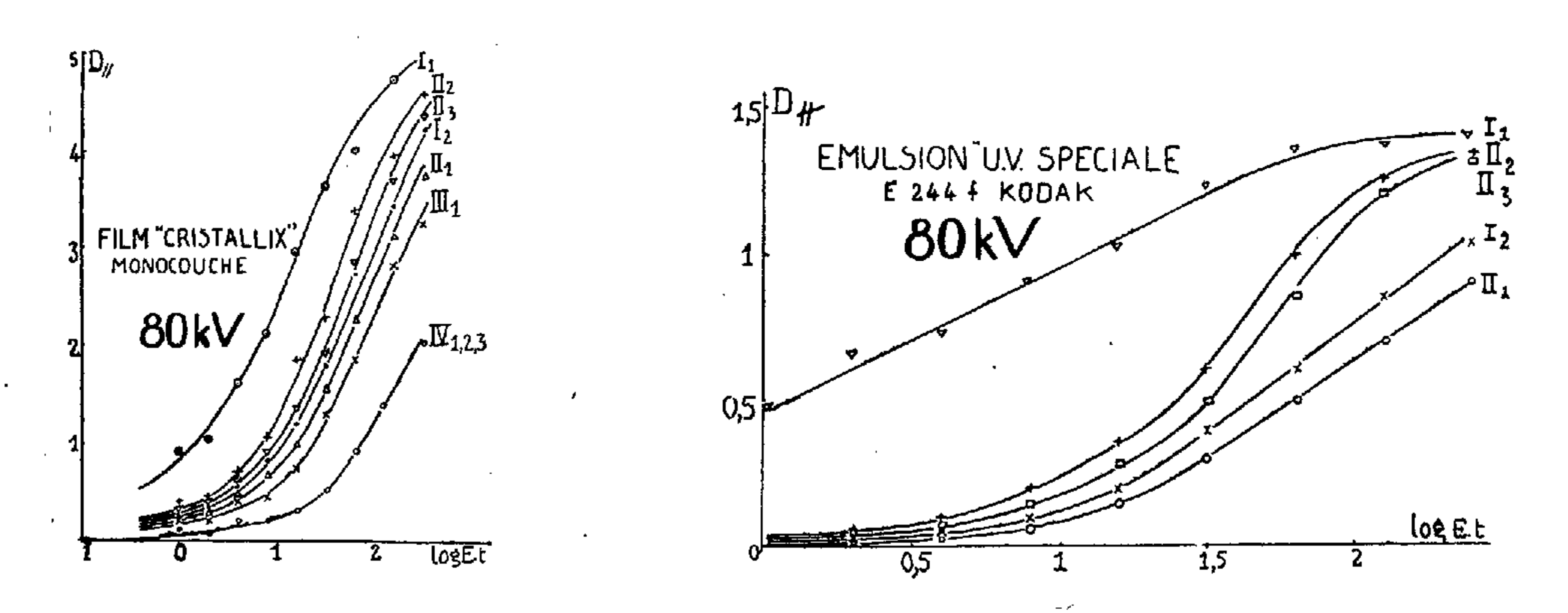
(4) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 992.

Un troisième film permet de faire les corrections d'absorption avec précision à partir de sa courbe de noircissement (III_1). Enfin un quatrième film est placé derrière le troisième dont il est séparé par une plaque de verre ne laissant passer que les longueurs d'onde inférieures à 0,7 Å (courbe IV). Cette plaque de verre peut d'ailleurs être remplacée par une feuille d'argent pour déterminer, par absorption sélective, la part d'émission due à l'argent de l'émulsion frappée par les électrons.

Toutes les absorptions sont déterminées par étalonnage préalable aux rayons X.

Les mesures de densité sont faites à l'aide d'un nouveau photomètre qui permet de mesurer, avec une bonne précision, les densités jusqu'à 6.

Les courbes obtenues sous 80 kV ont l'allure suivante pour un film *cristallix*, et pour une émulsion *spéciale* UV.



Les plages du quatrième film sont uniformes, ce qui montre que le rayonnement de fluorescence de l'émulsion a une longueur d'onde supérieure à 0,7 Å.

Nous sommes en train de refaire cette étude avec un tube donnant moins d'émission parasite, et en utilisant des feuilles d'émulsion sèche privées de tout support.

ÉLECTROCHIMIE. — *Le point isoélectrique de la gélatine.* Note de M. **Albert Rousselot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Jusque vers 1920, on admettait, à la suite des travaux de Michaelis, de Loeb et d'autres auteurs, que le point isoélectrique de la gélatine était à pH 4,7. En 1920, Davis et Oakes signalèrent un point isoélectrique vers pH 8. Par la suite Briefer et Cohen mirent en évidence l'influence considérable du traitement du collagène sur le point isoélectrique de la gélatine obtenue et conclurent qu'un traitement alcalin (chaulage) donnait une gélatine isoélectrique à pH 4,7, alors que l'action d'un acide conduisait à un point isoélectrique d'environ 7,7. Cette opinion semble être généralement admise actuellement.

Les expériences que nous avons entreprises ont consisté à traiter des peaux de veau fraîches par un excès de solution, soit d'acide sulfurique environ demi-normal, soit de lait de chaux deux fois normal pendant des temps variables, et à déterminer, par électrophorèse, le point isoélectrique de la gélatine obtenue par extraction ultérieure à l'eau chaude.

Des essais préliminaires ont montré que la durée, la température et le pH de la cuisson n'avaient pratiquement aucune répercussion sur le point isoélectrique de la gélatine produite. Nous avons pu mettre en évidence le fait que le point isoélectrique diminue régulièrement au fur et à mesure que le prétraitement se prolonge, quelle que soit la nature de celui-ci.

Si, avant tout traitement, les peaux sont soumises un court instant à l'action de l'eau bouillante, la diminution du point isoélectrique est beaucoup plus rapide.

Le tableau ci-dessous indique quelques chiffres que nous avons relevés sur les courbes obtenues. Si les traitements sont poursuivis pendant un temps très long, de l'ordre de deux mois, le point isoélectrique semble tendre asymptotiquement vers une limite commune, vers pH 4,8.

	Durée de traitement (heures)	25.	200.	350.
Peaux fraîches	Traitement acide	7,55	6,60	6,25
	Chaulage	7,80	6,90	6,45
Peaux ébouillantées 5 minutes	Traitement acide	7,45	5,95	5,80
	Chaulage	6,75	5,60	5,30

On constate que, contrairement à l'opinion généralement admise, chaulage et prétraitement acide ont des effets identiques, et donnent des gélatines de même point isoélectrique, à condition de régler judicieusement la durée d'action des bains.

Industriellement, celle-ci doit être aussi courte que possible, quoique permettant une extraction facile et rapide de la gélatine. En pratique, le chaulage dure en moyenne 50 jours, et le bain acide une vingtaine d'heures, ce qui conduit bien, d'après nos courbes, à des points isoélectriques respectifs de 4,8 et 7,6 environ, trouvés par la majorité des auteurs.

Ces chiffres ne sont du reste que des moyennes, la bibliographie indiquant des valeurs échelonnées entre pH 4,7 et pH 5 pour les gélatines de chaulage, et entre 7 et 8 pour les gélatines dites acides. Ces écarts s'interprètent par des durées de prétraitement inégales pour chaque fabricant de gélatine. Dans le cas du chaulage, un traitement trop prolongé libère de l'ammoniac par destruction des groupes amino et abaisse par conséquent le point isoélectrique. D'autre part les erreurs d'expérience sont d'autant plus grandes que le point isoélectrique est plus élevé, les courbes de mobilité devenant alors de plus en plus inclinées sur l'axe des pH.

Nous pouvons donc conclure que la gélatine provient du collagène par

scission hydrolytique des ponts reliant les différentes chaînes polypeptidiques, c'est-à-dire rupture des liaisons peptidiques transversales, ou ouverture des cycles dicétopipéraziques. Il pourrait également se produire une désamination, la destruction des groupes aminés entraînant une baisse de point isoélectrique beaucoup plus rapide que par simple hydrolyse.

Ces phénomènes se produiraient non pas au moment de la cuisson, mais dès l'instant où le collagène a subi un commencement de chaulage ou d'action de bain acide. La gélatine préexiste donc dans le collagène traité, et l'extraction n'est plus alors qu'une simple opération physique. Ceci est d'ailleurs confirmé tant par la pratique industrielle que par le fait que le point isoélectrique ne dépend pas de la façon dont a été conduite l'extraction.

Cette action hydrolysante dépend essentiellement de la nature de l'ion utilisé pour les prétraitements : par exemple l'ion sodium n'a aucune influence, et il semblerait, à la suite de certaines expériences que nous avons effectuées, que l'activité des ions serait en relation étroite avec leur position dans la série lyotrope d'Hofmeister.

Quant à la variation du point isoélectrique, elle s'interprète aisément par une libération progressive de groupes amino ou carboxyles provenant de l'hydrolyse, et dont seul le rapport des activités détermine le point isoélectrique.

Il est intéressant de remarquer que les courbes de variation du point isoélectrique en fonction de la durée de prétraitement ont une allure tout à fait analogue à celle représentant le point isoélectrique d'un mélange en proportions variables de deux gélatines commerciales, l'une acide, l'autre de chaulage. Un point isoélectrique intermédiaire entre 4,7 et 8 indiquerait donc que l'on se trouve en présence d'un mélange de deux gélatines bien définies.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres Raman des chlorobromures stanniques.* Note de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Charles Fabry.

Les halogénures mixtes stanniques ont été signalés en 1897 par Besson qui prétendit les avoir isolés à l'état pur ([1]). Leur existence fut mise en doute en 1927 par Raeder ([2]). En 1930 Trumpy ([3]) soumit à l'effet Raman des mélanges de chlorure et bromure stannique dans les proportions moléculaires 3/1, 1/1, 1/3. Il n'obtenait que des mélanges où subsistaient encore les halogénures initiaux. Dans les spectres obtenus, il attribua deux raies à $SnCl^3Br$ et à $SnClBr^3$ et trois à $SnCl^2Br^2$. Ces spectres sont manifestement imcomplets. Nous avons repris la question.

([1]) Besson, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 683.
([2]) *Zeits. anorg. Chem.*, **162**, 1927, p. 222.
([3]) *Zeits. Physik*, **66**, 1930, p. 790.

Quel que soit le mode d'obtention des chlorobromures, on a toujours affaire à des équilibres et il est impossible de les isoler à l'état pur. Le plus simple est de mélanger le chlorure et le bromure stannique.

En faisant varier leurs proportions respectives, on déplace les équilibres. L'halogénure AX^4 étant en gros excès, le cliché ne comportera que les raies de AX^4 et AX^3Y, si la pose est assez courte. Si l'on augmente un peu la teneur en AY^4, on pourra de même avoir le spectre d'un mélange de AX^4, AX^3Y, AX^2Y^2. On étudiera ainsi des spectres de plus en plus compliqués. La comparaison du spectre de AX^4 à celui de AX^4 et AX^3Y doit permettre d'établir le spectre de AX^3Y. En fait, les raies de AX^3Y ne sont pas toutes bien séparées de celles de AX^4. Quand l'une d'elles est trop voisine d'une raie de AX^4, elle la perturbe en l'élargissant et en augmentant son intensité relativement au reste, non perturbé, du spectre. Cette perturbation est un critérium certain de l'existence d'une raie, et elle permet de fixer sa place approximative.

Pour AX^2Y^2, on l'étudiera à la fois dans les mélanges AX^4, AX^3Y, AX^2Y^2 et AY^4, AXY^3, AX^2Y^2, ce qui permet d'explorer plus complètement son spectre.

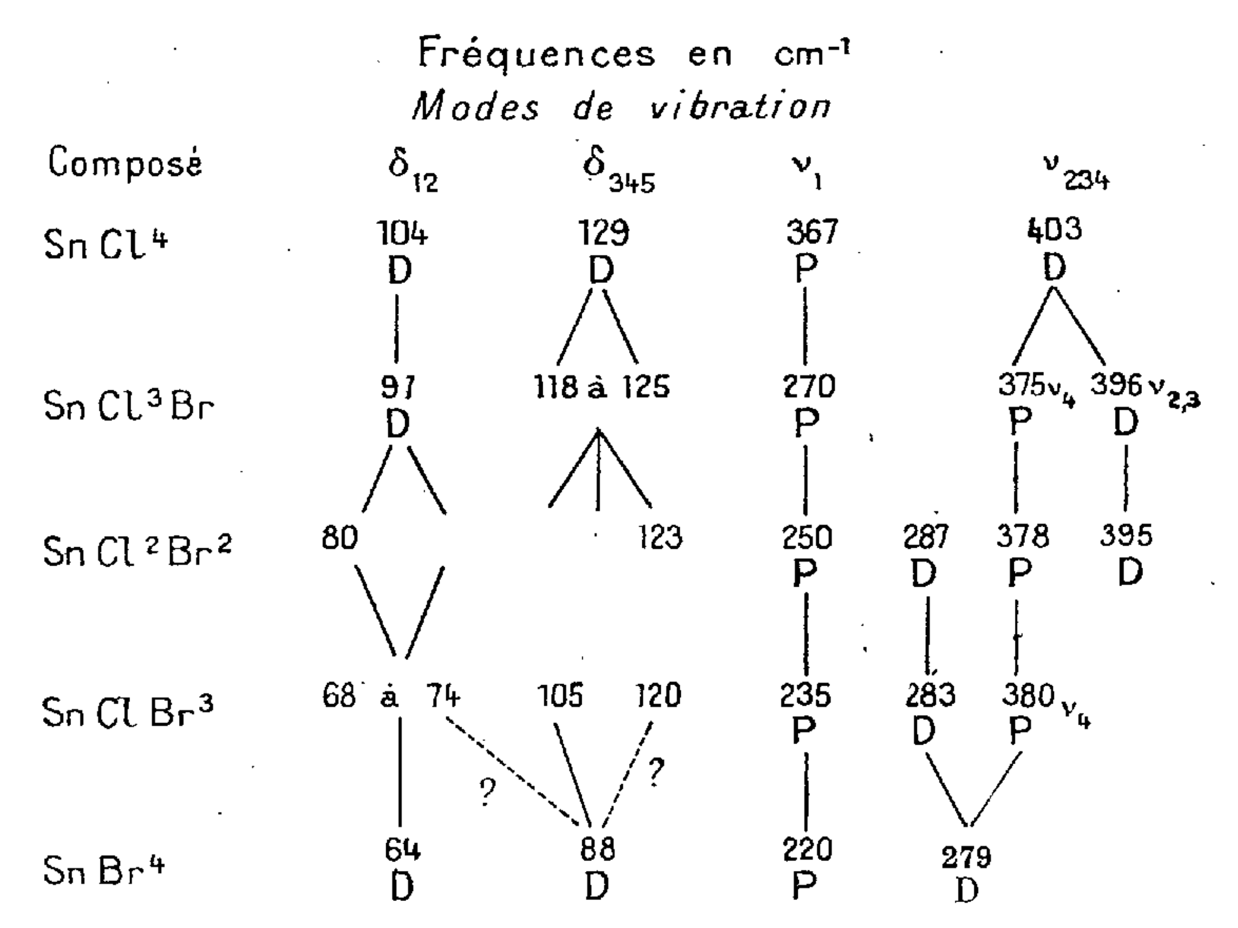
I. *Spectre de* $SnCl^3Br$. — Trois raies se séparent nettement du spectre de $SnCl^4$: 91 cm^{-1} (dépol.), 270 cm^{-1}, très intense et très polarisée, et 375 cm^{-1} (pol.). Une perturbation de la raie 129 cm^{-1} de $SnCl^4$ correspond à la présence d'une ou de deux raies entre 118 et 125 cm^{-1}. Une perturbation de la raie 403 cm^{-1} de $SnCl^4$ indique une raie dépolarisée vers 396 cm^{-1}. La théorie prévoit six raies : cinq au moins sont donc identifiées.

II. *Spectre de* $SnClBr^3$. — Trois raies se séparent nettement du spectre de $SnBr^4$: 105 cm^{-1} (dépol.), 235 cm^{-1} très intense et très polarisée, et 380 cm^{-1} (pol.). Une perturbation de la raie 64 cm^{-1} de $SnBr^4$ prouve la présence d'une ou deux raies entre 68 et 74 cm^{-1}. Une raie faible 120 cm^{-1} apparaît dans les clichés plus posés, mais alors elle est peut-être imputable à $SnCl^2Br^2$. La raie 279 cm^{-1} de $SnBr^4$ masque une raie de $SnBr^3Cl$ située vers 283 cm^{-1} et dépolarisée. Ici encore, cinq raies au moins sont donc identifiées.

III. *Spectre de* $SnCl^2Br^2$. — Dans les deux sortes de clichés, on relève la fréquence 250 cm^{-1} très intense, très polarisée, et une raie polarisée vers 378 cm^{-1}. Cette raie se sépare mal d'une raie voisine, appartenant soit à $SnCl^3Br$, soit à $SnClBr^3$, mais son existence est cependant certaine.

L'examen du spectre de $SnCl^4$, $SnCl^3Br$, $SnCl^2Br^2$ permet de pointer deux raies 80 cm^{-1} et 287 cm^{-1}, toutes deux dépolarisées ; celui du spectre de $SnBr^4$, $SnClBr^3$, $SnCl^2Br^2$ met en évidence les raies 123 cm^{-1} et 395 cm^{-1} dépolarisée. Six fréquences sont donc identifiées. Il en manque trois pour le spectre complet d'une molécule AX^2Y^2. Elles doivent se situer entre les deux premières dans une région du spectre qu'il est impossible d'explorer.

Les résultats obtenus ainsi que les fréquences des halogénures purs sont consignés dans le tableau.



Le classement des fréquences se fait facilement si l'on compare ce travail à celui que nous avons publié sur les chlorobromométhanes (4).

En ce qui concerne les fréquences ν_2, ν_3, ν_4, l'attribution est même plus facile que pour les dérivés du méthane où les facteurs de dépolarisation des raies étaient trop voisins les uns des autres.

Malheureusement l'impossibilité d'étudier les spectres de chacun des chlorobromures à l'état pur et, d'autre part, la masse atomique élevée de l'étain, qui rend les fréquences très voisines, ne permet pas toujours la détermination précise de certaines des fréquences δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Nouvelles applications micrographiques des figures de corrosion sur l'aluminium raffiné.* Note (1) de MM. **Paul Lacombe** et **Louis Beaujard**, présentée par M. Léon Guillet.

Dans ce travail nous avons voulu montrer l'intérêt nouveau que prennent les figures de corrosion quand on tire profit du perfectionnement apporté par le polissage électrolytique (2). Le caractère localisé des figures de corrosion exige en effet une surface géométriquement plane sans rayures ni piqûres, amorces possibles à la corrosion (3). La pureté du métal (aluminium à 99,99 %) obéit à la même préocupation.

(4) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 226.

(1) Séance du 19 juin 1944.

(2) P. Jacquet, *Métaux et Corrosion*, **13**, 1938, p. 86.

(3) A. Pørtevin, *Inst. of Metals*, **35**, 1926, p. 363.

Le réactif d'attaque ($1/3\ NO^3H$, $1/3\ HCl$, $1/3\ H^2O$, 2 % HF), en dehors des figures de corrosion, corrode les joints de grains d'autant plus nettement qu'il existe une plus grande différence d'orientation entre les cristaux contigus. La figure 1 montre un cristal à figures de corrosion triangulaires qui semble isolé au milieu d'un monocristal à figures de corrosion carrées. Il s'agit en réalité de plusieurs cristaux d'orientation très voisine, dont les frontières viennent aboutir aux angles du périmètre du cristal central. *L'importance du sillon intercristallin révélé par le réactif dépend donc essentiellement de l'orientation respective des grains contigus.* Si l'on admet, avec Beilby et Rosenhain ([4]), que le ciment amorphe intergranulaire est à l'origine de l'attaque des joints, on comprend difficilement pourquoi l'intensité de cette attaque serait très différente suivant l'orientation respective des cristaux. Ou bien il faut supposer que la largeur du fossé amorphe est d'autant plus importante qu'il y a une plus grande différence d'orientation entre grains voisins. Ou bien il existe aux joints une structure de transition d'autant plus proche de celle du réseau parfait qu'il y a orientation presque voisine de deux grains et accolement possible de deux plans réticulaires de chacun des cristaux contigus par suite de leur parallélisme approché.

D'autre part on considérait jusqu'ici que les éléments de symétrie des figures de corrosion ne permettaient qu'une estimation approchée de l'orientation cristalline. De fait les figures de corrosion sur un échantillon quelconque, brut de fonderie par exemple, présentent des caractères de symétrie tels qu'on ne peut attribuer à la surface corrodée une orientation réticulaire simple telle

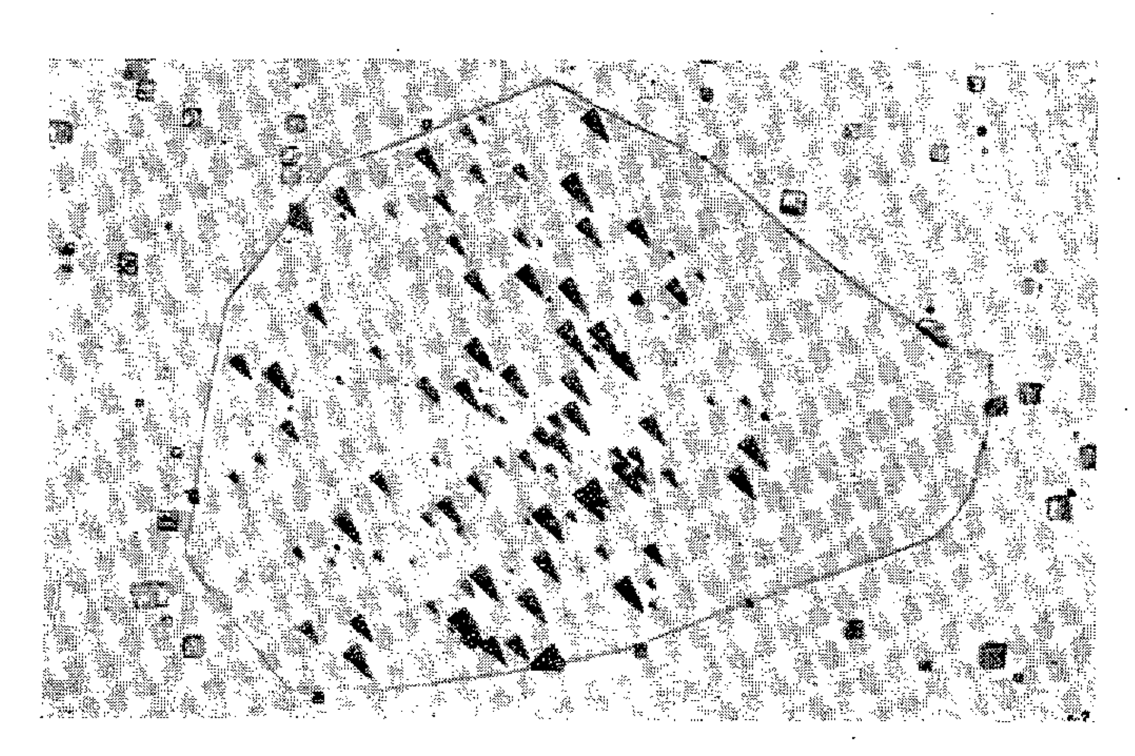


Fig. 1. — Attaque préférentielle des joints de grains séparant les cristaux d'orientation très différente. G = 500 (cliché réduit au 1/2).

que (100), (110) ou (111). La détermination précise de celle-ci ne peut se faire que par rayons X ou par des mesures goniométriques délicates ([5]). Au

([4]) W. ROSENHAIN et D. EWEN, *Inst. of Metals*, 8, 1912, p. 149.

([5]) BARRETT et LEVENSON, *Metals Techn.*, 6, 1939; *Techn. Publ.*, 1104, p. 1.

contraire, dans le cas des métaux ayant subi un fort corroyage, par laminage ou filage, suivi d'un recuit de recristallisation, on peut observer certaines orientations privilégiées simples. Il est possible alors de préciser ces orientations en faisant apparaître des lignes de glissement par une légère déformation plastique (allongement 2 %). Celle-ci, d'après G. Taylor et C. Elam ([6]), a lieu par simple glissement suivant les plans (111) et dans la direction d'un des trois axes (110) se trouvant dans ce plan. Il est donc aisé de prévoir la trace des plans de glissement sur un plan cristallographique quelconque. Ainsi, dans la figure 2, la forme quadratique des figures de corrosion et de plus la trace

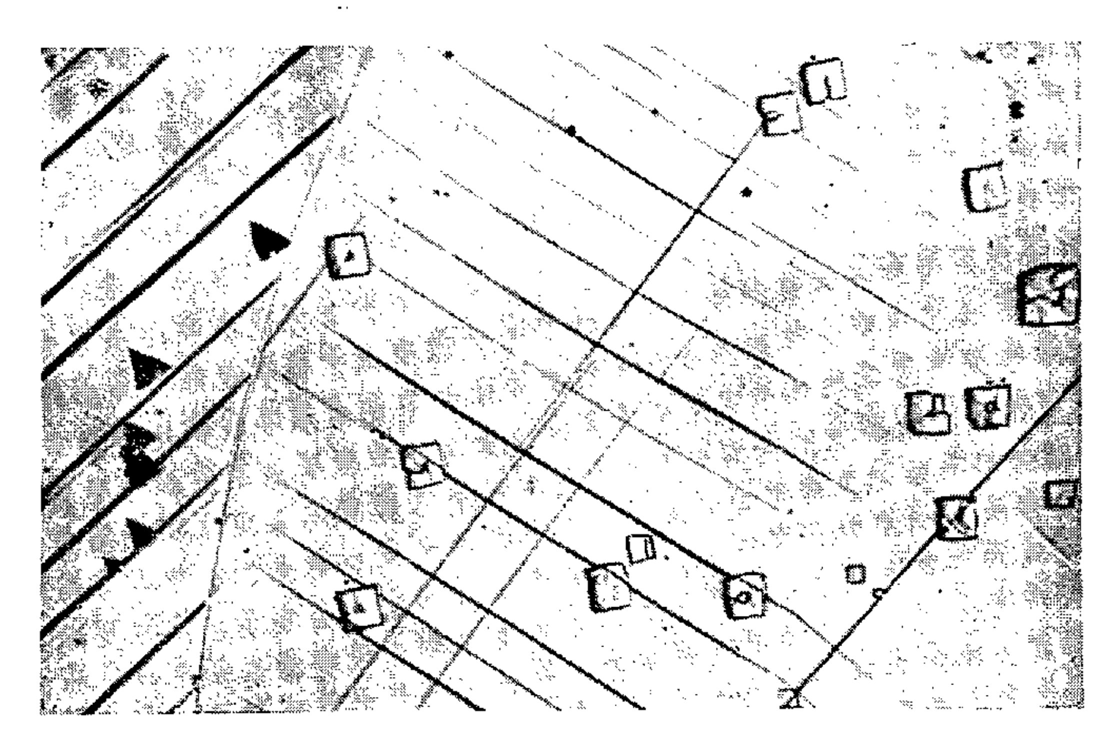


Fig. 2. — Disposition relative des lignes de glissement et des figures de corrosion sur deux cristaux d'aluminium. G = 1000 (cliché réduit au 1/2).

des plans de glissement, parallèle aux diagonales de ces figures, confirment bien qu'il s'agit d'une face (100). Dans le grain voisin, les figures de corrosion triangulaires semblent équilatérales et caractériseraient ainsi une face (111). Il n'en est rien, car les différents systèmes de plans de glissement n'ont pas leurs traces parallèles aux trois côtés des figures de corrosion.

Ainsi l'examen simultané des figures de corrosion, des lignes de glissement et de leur disposition relative permet-elle de préciser, dans certains cas simples, l'orientation cristallographique des surfaces micrographiques sans recourir aux rayons X.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le cyclohexadiène-1.3 et les méthyl-1 cyclohexadiènes-2.4 racémique et actif.* Note de MM. **Max Mousseron** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

De nombreux auteurs ([1]) ont déjà montré que la déshalogénation du dibromo-1.2 cyclohexane par la quinoléine selon Crossley ([2]) conduit à

([6]) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **108**, 1925, p. 28.

([1]) C. Harries, *Ber. d. chem. Ges.*, **42**, 1909, p. 693; R. Willstätter et Hatt, *ibid.*, **45**, 1912, p. 1464; K. W. Kohlrausch et R. Seka, *ibid.*, **68**, 1935, p. 528.

([2]) *J. Chem. Soc. London*, **85**, 1904, p. 1403.

un cyclohexadiène-1.3 contenant diverses impuretés, benzène et surtout cyclohexène.

En effet le produit de bromuration de ce carbure ainsi obtenu, traité par le malonate d'éthyle sodé, donne naissance à l'acide (cyclohexène-2)yl malonique, F 165°, provenant sans doute du dibromo-1.2 cyclohexane [3] correspondant au cyclohexène.

La méthode de Hofmann et Damm [4], action de l'éthylate de sodium sur les dihalogénures alicycliques, permet par contre la préparation de carbures à doubles liaisons conjuguées purs.

Méthyl-1 cyclohexadiène-2.4 d.l. — Déjà décrit par Harries [5], le carbure obtenu par nous, par action de l'éthylate de sodium sur le méthyl-1 dibromo-3.4 cyclohexane, présente les constantes : É 104-105°; d_{18}^{18} 0,8231; n_{α}^{18} 1,4624; n_{D}^{18} 1,4684; n_{β}^{18} 1,4721, différentes de celles du carbure préparé par la quinoléine : É 105-106°; d_{18}^{18} 0,8206; n_{α}^{18} 1,4560; n_{D}^{18} 1,4598; n_{β}^{18} 1,4676.

d-méthyl-1 cyclohexadiène-2.4. — En partant du dérivé dibromé actif sur la lumière polarisée, la méthode de Hofmann conduit d'abord, directement, à un carbure *pur*, É 106°; d_{18}^{18} 0,8211; n_{α}^{18} 1,4627; n_{D}^{18} 1,4644; n_{β}^{18} 1,4761 et $[\alpha]_{436}$ + 223°,6; $[\alpha]_{546}$ + 124°,9; $[\alpha]_{579}$ + 107°,5; ensuite, par désalcoylation du composé éthoxylé, aux fractions

	I.	II.	III.	IV.
$[\alpha]_{436}$	+120°,5	+117°,6	+107°,2	+74°,6
$[\alpha]_{546}$	+ 67,3	+ 65,7	+ 59,9	+41,7
$[\alpha]_{579}$	+ 58,1	+ 56,5	+ 51,4	+36,2

Ces différentes fractions, quoique ayant des densités et indices de réfraction très rapprochés de ceux du produit pur, montrent une racémisation partielle survenue vraisemblablement au cours du chauffage en présence du bisulfate de potassium.

La méthode de Crossley par contre fournit un produit qui possède : É 106-106°,5; d_{18}^{18} 0,8313; n_{α}^{18} 1,4658; n_{D}^{18} 1,4668; n_{β}^{18} 1,4791; $[\alpha]_{436}$ + 66°,32; $[\alpha]_{546}$ + 39°,04; $[\alpha]_{579}$ + 34°,2, constantes qui se rapprochent d'une préparation par la même voie de Zelinsky [6].

En effet, en traçant le diagramme de Darmois [7] pour les différentes fractions de distillation de ces carbures, on trouve que les cordes de dispersion du premier (éthylate) sont des droites dont l'intersection est un point unique situé sur l'abscisse; celles correspondant au second (quinoléine) coupent ces mêmes droites en des points différents.

---

(3) EIJKMANN, *Chem. Zentr.*, 1909, II, p. 2146.

(4) *Chem. Zentr.*, 1925, I, p. 2342.

(5) *Ann. Chem.*, **395**, 1911, p. 255.

(6) *Ber. d. chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 2485.

(7) *Ann. de Chim. et de Phys.*, **22**, 1911, p. 247.

Il en résulte par conséquent que la préparation par l'éthylate de sodium donne un carbure ne contenant que deux corps au maximum, l'actif et le racémique; par contre celui obtenu par la quinoléine est constitué par un mélange de plusieurs produits se trouvant à côté du méthyl-1 cyclohexadiène-2.4 actif et racémique.

Action de l'acide chlorhydrique. — L'addition des éléments de l'acide chlorhydrique au méthyl-1-cyclohexadiène-2.4 peut conduire à deux isomères

(I) CH_3 ; Cl (II) CH_3 ; Cl

En réalité nous avons constaté qu'il se forme surtout l'isomère (I), conformément d'ailleurs à la théorie des polarités.

En effet la cétone, que l'on obtient après hydrolyse et oxydation du dérivé chloré selon Courtot et Pierron [8], donne principalement (95 %) une semicarbazone F 158° à côté d'un peu de F 177-178° [9]. Il en est de même pour le carbure actif, qui donne naissance à une semicarbazone fusible à 161-162° et dont le pouvoir rotatoire, en tenant compte de la racémisation, est de $[\alpha]_{546}$ — 26°,9 et $[\alpha]_{579}$ — 23°,9 (c = 5 %, éthanol).

La configuration spatiale de ce dérivé chloré a été également déterminée. C'est ainsi que le méthyl-1 chloro-5 cyclohexène-3, traité par l'iodure de méthylmagnésium selon Berlande [10], nous a conduits au diméthyl-1.5 cyclohexène-3, É 116-120°; d_{18}^{18} 0,8049; n_D^{18} 1,4473, puis, par hydrogénation catalytique au platine, au diméthyl-1.3 cyclohexane, É 120°, d_4^{20} 0,7693, n_D^{18} 1,4212.

Les constantes physiques et le spectre Raman de ce produit, comparés aux deux diméthyl-1.3 cyclohexanes *cis* et *trans* déjà décrits [11] [12], montrent que le produit en question contient surtout la forme *cis*.

Il est donc vraisemblable, si l'on admet que l'action de l'iodure de méthylmagnésium n'apporte pas de perturbation dans la configuration spatiale de la molécule, que, par action de l'acide chlorhydrique sur le méthyl-1 cyclohexadiène-2.4, le chlore se fixe principalement en position *cis* par rapport au méthyle.

---

(8) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 289.
(9) A. Koetz et Grethe, *J. f. prakt. Chem.*, 2e série, 80, 1909, p. 498.
(10) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 437.
(11) O. Miller, L. Piaux et J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim. Belge*, 45, 1936, p. 123.
(12) E. Canals, M. Mousseron et P. Peyrot, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 10, 1942, p. 48.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénomènes d'orientation lors de la réduction de l'α-méthylcyclohexanone.* Note de MM. **Pierre Anziani** et **Raymond Cornubert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les phénomènes d'orientation observés par nous lors de la réduction de l'α.α'-diméthylcyclohexanone ([1]) s'étant révélés différents de ceux notés à propos de l'α-méthylcyclohexanone par plusieurs chimistes, nous nous sommes intéressés à la réduction de cette cétone en employant divers modes opératoires.

I. *Réduction par l'hydrogène naissant en milieu alcalin.* — L'hydrogénation par le sodium ne donne pratiquement que l'isomère *trans*, mais, d'après le diagramme de fusion des phényluréthanes des α-méthylcyclohexanols *cis* et *trans*, on trouve les teneurs probables suivantes en isomère *cis* : sodium et alcool absolu 3 %, et éther humide 1 %, et alcool butylique 1-2 %.

II. *Réduction par l'hydrogène moléculaire et le noir de platine.* — Avec cette technique, et en nous inspirant de l'idée exprimée par Skita et Faust ([2]), d'après laquelle il se fait d'autant plus d'alcool *cis* que la vitesse de réaction est plus grande, nous avons réalisé, dans l'ordre indiqué, différents essais résumés dans le tableau suivant, en utilisant divers milieux : acide acétique (*a*), dioxane (*b*), alcool butylique (*c*), alcool butylique et butylate de sodium (*d*), cyclohexane (*e*), oxyde de butyle (*f*), acétique chlorhydrique (*g*) :

Pt n°.	Essai.	Solvant.	([3]).	([4]).	([5]).
1.....	1	*a*	–	–	21
1.....	2	*b*	–	30 %	145
1.....	3	*c*	–	70	22
1.....	4	*d*	–	70	29
1.....	5	*e*	–	45	30
1.....	6	*f*	–	–	235
1.....	7	*g*	–	–	15
1.....	8	*e*	60 %	55	48
1.....	9	*f*	70	75	77
1.....	10	*b*	75	70	119
1.....	11	*a*	75	70	75
1.....	12	*g*	90 %	95 %	79
1.....	13	*c*	85	85	60
1.....	14	*d*	45	55	117
2.....	15	*e*	80	80	79
2.....	16	*f*	75	75	60
2.....	17	*b*	75	75	132
2.....	18	*f*	80	85	94
2.....	19	*e*	75	80	86
2.....	20	*a*	45	50	152
2.....	21	*g*	97	97	96

Ces 21 essais ont conduit aux constatations suivantes : 1° à l'exception du milieu acétochlorhydrique, qui ne fournit que l'isomère *cis*, tous les milieux utilisés, qu'ils soient acide, neutre ou alcalin, ont fait aboutir à un mélange des isomères *cis* et *trans*; toutefois, en passant aux phényluréthanes, seuls les

([1]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 233.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **64**, 1931, p. 2878.

([3]) Teneur approximative en isomère *cis* d'après le point de fusion du phényluréthane et le diagramme de fusion des phényluréthanes *cis* et *trans*.

([4]) Teneur approximative en isomère *cis* d'après le point de fusion des portions provenant du fractionnement du phényluréthane obtenu.

([5]) Temps en minutes nécessaire pour fixer 500$^{cm^3}$ d'hydrogène dans le cas des essais 1 à 7 et 1500$^{cm^3}$ d'hydrogène dans le cas des essais 8 à 21 (1/20 de mol-g de cétone pour les essais 1 à 7, et 1/10 pour les suivants).

milieux acétique et acétochlorhydrique ont produit chacun une fois (essais 1 et 7) sur trois (1-11-20 et 7-12-21) une substance non identifiée F 112-114°; cette dernière s'est alors formée à côté des phényluréthanes *cis* et *trans* dans le cas du milieu acétique (essai 1) et à côté du seul isomère *cis* dans le cas du milieu acétochlorhydrique (essai 7); 2° dans l'alcool butylique, en présence ou en l'absence de butylate de sodium, on rencontre ce mélange d'alcools stéréo-isomères tandis que l'alcool butylique et le sodium ne donnent pratiquement que l'isomère *trans*; 3° dans le dioxane, l'opération a toujours été la plus lente; les autres milieux se révèlent équivalents entre eux, conduisant à des vitesses d'hydrogénation plus ou moins grandes d'une série d'expériences à l'autre; cependant on peut observer des anomalies; tel est le cas de l'oxyde de butyle (essai 6) par comparaison avec les essais 9, 16, et 18; tel est encore le cas de l'alcool butylique en présence de butylate de sodium (essai 14 comparé à l'essai 13 par rapport à l'essai 4 comparé à l'essai 3); 4° la vitesse d'hydrogénation ne paraît pas avoir ici d'influence marquée sur la teneur en isomère *cis* si l'on considère le cas de l'oxyde de butyle (essais 16 et 18); par contre, avec l'acide acétique, la variation de la teneur en isomère *cis* est dans le sens des observations de Skita et Faust (essais 11 et 20), tandis que l'inverse se note dans le cas du cyclohexane (essais 8, 15 et 19) et même dans le cas de l'acide acétique chlorhydrique (essais 12 et 21); autrement dit, l'influence de la nature du solvant paraît dans l'ensemble plus constante sur la vitesse de réduction que sur le phénomène d'orientation stérique; 5° par contre, il est tout à fait net que l'acide chlorhydrique a une action directe sur le phénomène d'orientation; il fournit régulièrement beaucoup plus d'isomère *cis* que ne le fait le seul milieu acétique; 6° contrairement à ce que disent Skita et Faust, l'isomère *cis* peut s'obtenir au moins pratiquement exempt d'isomère *trans*.

III. *Réduction par l'hydrogène naissant en milieu acide.* — Par le zinc et les acides acétique ou chlorhydrique, nous avons obtenu avec un très mauvais rendement, un phényluréthane contenant environ 75 % d'isomère *cis*.

IV. Deux méthodes importantes de réduction méritaient d'être essayées : *a.* le *nickel de Raney* a engendré un mélange contenant environ 70 % d'isomère *cis*, donc moins riche en ce corps que l'alcool fourni par le noir de platine en milieu acétochlorhydrique; ceci a été confirmé par le fait que nous n'avons pu en isoler de phtalate acide *cis* pur, contrairement à ce qui se passe avec l'alcool obtenu avec le noir de platine en milieu acétochlorhydrique; cependant nous avons pu en extraire l'isomère *cis* à l'état pur par action fractionnée de l'isocyanate de phényle; *b.* l'hydrogénation par l'*isopropylate d'aluminium* a fourni avec un excellent rendement un alcool contenant environ 10 % d'isomère *cis*.

V. On peut donc obtenir les α-méthylcyclohexanols sous une forme pratiquement stériquement pure en employant le noir de platine, en milieu acétochlorhydrique pour l'isomère *cis* et le sodium et l'éther humide, par exemple, pour l'isomère *trans*.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude, par diffraction des rayons* X *et analyse dilatométrique, des carbonates mixtes de calcium et de strontium et de leurs transformations.* Note [1] de M. **René Faivre**, présentée par M. Charles Mauguin.

Si, dans la préparation de l'aragonite (précipitation à l'ébullition à partir de solutions diluées de carbonate de soude et de chlorure de calcium), on remplace la solution de chlorure de calcium par une solution de chlorures de calcium et de strontium ajustée sur la solution de carbonate de soude, on obtient, quelle que soit la proportion relative de calcium et de strontium dans la solution de chlorures, une phase unique orthorhombique. Nous avons pu montrer d'autre part, grâce à des mesures précises, que les trois paramètres a, b, c de la phase orthorhombique varient de façon continue avec sa teneur en strontium (*fig.* 1). Les carbonates de calcium et de strontium sont donc miscibles en toutes proportions sous la forme orthorhombique, et il n'existe aucun composé intermédiaire entre l'aragonite et la strontianite.

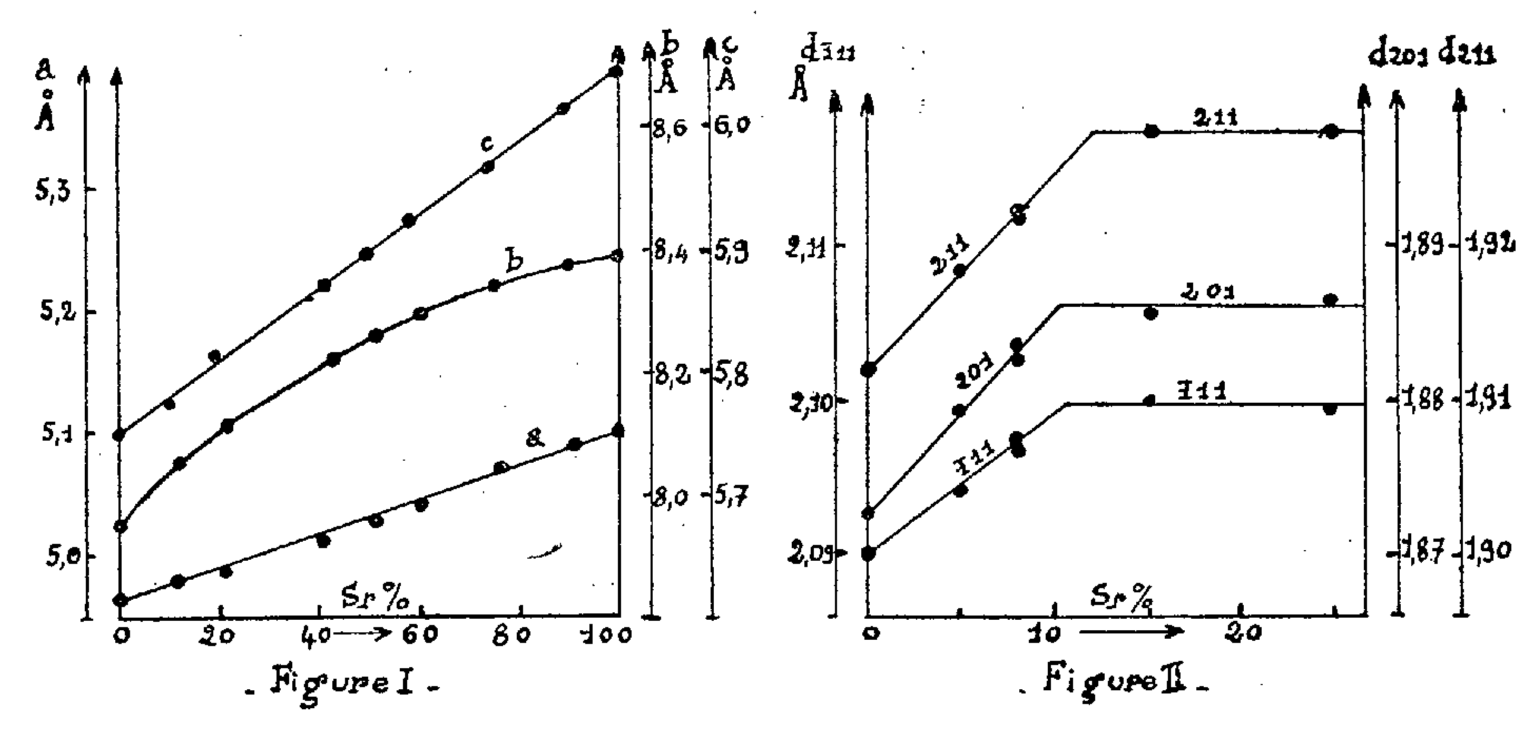


Fig. 1. — Variation des paramètres cristallins des carbonates mixtes orthorhombiques de calcium et de strontium en fonction de leur teneur en strontium. Précision sur $a \pm 0{,}001$ Å, $b \pm 0{,}003$ Å, $c \pm 0{,}002$ Å.

Fig. 2. — Variation des équidistances des plans $\bar{1}11$, 201, 211 (référence rhomboèdre e_1) des calcites substituées en fonction de leur teneur en strontium.

Les deux termes extrêmes, aragonite et strontianite, diffèrent cependant sur un point d'importance capitale : l'aragonite, métastable, se transforme spontanément en calcite par chauffage à 450° alors que la strontianite, réellement stable, ne subit aucune transformation avant sa dissociation. Une étude par analyse thermodilatométrique et diffraction des rayons X nous a conduit à diviser les carbonates mixtes en deux familles : les aragonites substituées dont la teneur en strontium est inférieure à 45^{at} % et qui, métastables, se trans-

(1) Séance du 19 juin 1944.

forment tout au moins partiellement en calcite, et les strontianites substituées contenant moins de 50^{at} % de calcium qui, réellement stables, ne subissent pas d'autre transformation que la dissociation.

Grâce à des mesures précises des équidistances de certains plans de la calcite résultant de la transformation des aragonites substituées, nous avons mis en évidence (*fig.* 2) la miscibilité, jusqu'à concurrence de 11^{at} % de strontium, du carbonate de strontium et de la calcite. Aussi les aragonites substituées se transforment-elles en calcite suivant deux mécanismes différents qui dépendent de leur teneur en strontium.

Les aragonites substituées qui contiennent moins de 11^{at} % de strontium se transforment totalement et sur un intervalle de température très étroit en une calcite substituée de même teneur. La température de transformation rapide croît avec la teneur en strontium; de 450° pour CO^3Ca pur, elle s'élève à 550° pour un carbonate mixte à 8 % de strontium. Par contre les aragonites substituées contenant plus de 11^{at} % de strontium se séparent sur un large intervalle de température en calcite saturée de strontium et en aragonite substituée qui s'enrichit en strontium au fur et à mesure de la précipitation de calcite.

Des observations qualitatives relatives à la dissociation de ces diverses phases viennent à l'appui de nos conclusions : les aragonites substituées, phases métastables, se dissocient en CaO et SrO à plus basse température que la calcite saturée de strontium, qui est elle-même plus facilement dissociable que les strontianites substituées. Signalons enfin le mécanisme curieux de dissociation des strontianites substituées qui, libérant uniquement de la chaux exempte de strontium, s'enrichissent progressivement en strontium. Cet enrichissement en strontium explique le fait, observé par Guichard et J. Wyart ([2]), que ces corps se dissocient à température croissante.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les propriétés physiques d'ensemble du sédiment appelé* tangue. Note de MM. **Jacques Bourcart** et **Vsevolod Romanovsky.**

La tangue est un sédiment littoral calcaire qui se dépose dans la baie du Mont Saint-Michel et quelques autres havres de la Manche. Sa composition et ses conditions de dépôt ont été précisées par Jacques Bourcart, Jean Jacquet et Claude Francis-Bœuf ([1]).

Contrairement à la vase, imperméable, la tangue a toujours une forte perméabilité, celle des sables très fins. Celle-ci conditionne une véritable circulation souterraine.

Contrairement aux sables, la tangue reste cohérente même à sec. La *tanguaie*, émergée une partie de l'année, garde une solidité que n'a jamais la zone émergée

([2]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 844.

([1]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 764.

des plages de sable. La cohésion des parties basses, toujours humides, est au moins aussi forte que celle des basses plages. Mais la tangue peut donner, sous l'eau, des assemblages plus lâches, devenant liquides sous l'effet de secousses : ce sont les *lises* des courants.

Jacques Duclaux [2] avait indiqué que l'enlisement provenait des propriétés *thixotropiques* du mélange de *sable* et d'eau. En réalité, le phénomène ne se produit que pour la tangue; son corollaire est la *rigidité* qu'elle garde au repos, même pour de hautes teneurs en eau.

Enfin la tangue présente cette propriété d'être *litée* : les couches, successivement déposées, sont séparées par un hiatus ou *joint*.

L'existence du joint suppose une rigidité de la surface de la dernière strate déposée suffisante pour que les grains du nouveau dépôt ne s'y engrènent pas en la déformant. Le litage, qui peut être reproduit expérimentalement avec les poudres calcaires, ne s'observe que rarement dans le cas des vases et est inconnu dans celui des sables [3].

Il nous a semblé nécessaire de mesurer ces propriétés. Les données obtenues sont exposées dans le tableau suivant :

Désignation.	Pour 100 de la phase pulvérulente.	Pour 100 de CO^3Ca.	Pour 100 de NaCl adsorbé.	Indice des vides.	Perméabilité (K).	Rigidité.
CO^3Ca pulvérulent	100	100	0	2,5	48.10^{-4}	84,6
N° 1	36,50	47,7	0,526	2,3	12.10^{-3}	23,7
13	37,20	49,0	0,300	2,6	16.10^{-3}	31,3
9	26,70	37,4	0,100	3,0	5.10^{-4}	23,3
12	46,60	33,0	0,200	3,6	85.10^{-4}	8,6
3 *bis*	16,50	48,8	1,053	3,5	17.10^{-5}	8,1
5	91,08	34,2	1,462	5,0	56.10^{-5}	7,6
Vase de la rivière de Penzé (Roscoff)	80,0	0		5,8	38.10^{-6}	4

N°s 1, tangue du pont de la Sélune à Pontaubault; 13, tangue du havre de Régnéville; 9, tangue du confluent Sée-Sélune; 12, tangue de Brévands; 3 *bis*, entre Tombelaine et le Bec d'Andaine (estran); 5, prairie de *Spartina* à Genets.

Les mesures ont été faites sur le dépôt libre du sédiment, remanié après agitation, dans une eau à pH 7,2.

L'indice des vides $\varepsilon = Vv/Vp$ est le rapport du volume des vides occupé par l'eau incluse au volume des pleins; la perméabilité K est exprimée en centimètres par minute; la rigidité, mesurée au rigidimètre B. F. R. [4], en dynes par centimètre carré.

---

[2] *Traité de Chimie physique appliquée à la Biologie*, Paris, 1934.

[3] JACQUES BOURCART, *Stratification ou litage?* (*C. R. somm. Soc. Géol. de France*, juin 1944.)

[4] *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 682-684.

Ces mesures appellent les réflexions suivantes : la rigidité des échantillons 1, 13 et 9 (tous trois d'estuaire) est considérable, non seulement par rapport au quartz de même granulométrie, mais même aux vases. Elle est pourtant très inférieure, à peu près le quart, à celle de boues faites avec de la poudre de CO^3Ca ou des sédiments fluviaux à 80 % au moins de CO^3Ca (glaises calcaires) ([5]). Elle semble varier en sens inverse de l'indice des vides, par conséquent du nombre des points de contact entre les grains.

La rigidité des sédiments 12, 3 *bis* et 5, tous les trois de l'estran marin, est encore double de celle des vases, mais le tiers de celle des tangues d'estuaire. Pour l'échantillon 3 *bis*, fortement sableux, on pourrait l'attribuer à sa granulométrie, mais cette raison ne peut être invoquée pour l'échantillon 12 et surtout le 5, qui est une poudre très fine. La teneur en humus, très variable, ne saurait non plus être retenue. Seule la proportion du NaCl adsorbé semble varier en sens inverse de la rigidité et de la compacité ($1/\varepsilon$) du produit.

Le contraste entre la perméabilité des tangues ou des poudres calcaires et celle des vases ou des argiles hydrophiles peut, peut-être, s'expliquer par le fait que les particules de CO^3Ca hydrofuges ne peuvent *gonfler*.

Un dernier contraste existe entre la cohésion des boues quartzeuses et calcaires desséchées. Les premières s'écrasent sous la moindre pression, tandis que les secondes donnent de véritables roches dont la résistance à la compression est supérieure à celle des craies naturelles.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvel essai de classification des différents types de structure nucléaire*. Note ([1]) de Mlle **Cécile Delay**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Les recherches récentes (Eichhorn, Dangeard, J. Doutreligne, C. Delay) ont montré qu'il existait tous les intermédiaires entre les noyaux réticulés typiques et les noyaux euchromocentriques, et nos dernières observations, nombreuses et variées, n'ont fait que confirmer cette opinion. Dans ces conditions il nous semble qu'une classification basée sur l'importance du réseau ([2]) de chromatine, malgré tout ce qu'elle présente d'artificiel, ne serait pas inutile. Nous distinguerons les catégories suivantes :

Noyaux euréticulés. — Cette catégorie comprend tous les noyaux où le

---

([5]) Jacques Bourcart, *Guide pratique pour la reconnaissance des roches*, Paris, 1944.

([1]) Séance du 28 février 1944.

([2]) On peut considérer le réseau comme formé par un ensemble de filaments chromonématiques réunis entre eux par des anastomoses, et présentant une réaction nucléale plus ou moins intense. Bien que la réalité des anastomoses ait été contestée par certains auteurs (Geitler, Teleszinsky etc.) et qu'il s'agisse plutôt d'une structure filamenteuse, ces anastomoses, même si elles ont une existence réelle, étant des formations secondaires, nous préférons conserver le terme réseau et ses dérivés qui sont simples et consacrés par l'usage.

reticulum est particulièrement important et dense (Blé, Oignon) pouvant porter des chromocentres en nombre variable (*Vicia, Faba* p. ex.). Les chromosomes sont de grande taille, leurs branches dépassant longuement de chaque côté du plan équatorial à la métaphase, et leur structure chromonématique étant bien visible aux autres stades de la mitose.

Noyaux réticulés. — Dans cette classe, nous placerons les noyaux dont le reticulum chromatique est encore très important (maximum chez *Pisum* et *Helianthus*). Dans cette catégorie, nous pourrons ranger aussi les noyaux où le réseau présente des plages fortement colorables voisinant avec des régions peu colorables (comme les noyaux à calotte d'*Hordeum, Agapanthus, Delphinium* etc.); cette organisation étant intermédiaire entre celle des noyaux réticulés typiques et celle des noyaux à chromocentres composés.

Noyaux semi-réticulés. — Sous ce nom, nous réunirons tous les noyaux dont le réseau est très atténué, à filaments très fins, souvent répartis d'une façon homogène dans l'espace nucléaire (*Solanum, Hibiscus* etc.), et contenant presque toujours des chromocentres soit en granulations compactes, soit sous forme de petites plages reticulées et offrant ainsi tous les intermédiaires vers les réseaux irrégulièrement répartis de la catégorie précédente. A la prophase, les filaments chromonématiques sont presque toujours nettement visibles. C'est ici que nous placerons les noyaux à réseau chromocentrique ou à chromocentres composés (type Bryone), où la chromatine se présente sous forme de bandes ou d'amas plus ou moins liés entre eux par de fins filaments.

Noyaux aréticulés. — Ce sont des noyaux toujours pauvres en chromocentres (au moins à l'interphase). Les noyaux *euchromocentriques*, dans lesquels, d'après Grégoire, le nombre de chromocentres est égal à celui des chromosomes, constituent un cas particulier de cette classe. Les chromosomes métaphasiques sont courts, généralement entièrement étalés dans le plan équatorial.

Il paraît difficile de dire si ces noyaux sont réellement dépourvus d'éléments filamenteux; par coagulation, sous l'action des fixateurs, le fond nucléaire peut prendre un aspect structuré; d'après Dangeard ([3]), l'enchylème des noyaux euchromocentriques contiendrait un fin réseau, invisible sur le vivant, mais pouvant être révélé par action ménagée d'une solution acétique ([4]).

L'existence de tous les intermédiaires possibles entre les noyaux réticulés typiques et les noyaux aréticulés conduit évidemment à penser qu'il ne peut exister de différences fondamentales dans l'organisation de ces divers types nucléaires, d'autant plus que, d'après de Litardière et Doulat ([5]), la structure

([3]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 711; *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 549.

([4]) Dans des noyaux soumis à l'action d'une solution acétique pendant 10 minutes, après fixation au Helly et coloration au Feulgen, on observe de fins filaments colorés en rose pâle et anastomosés en réseau, mais ce reticulum offre un aspect assez différent de celui que l'on peut observer dans les noyaux semi-réticulés.

([5]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **33**, 1942, p. 123; Doulat, *Thèse Sciences*, Grenoble, 1943.

chromosomique des noyaux à euchromocentres est la même que celle des chromosomes des noyaux réticulés (structure chromonématique).

Nous avons essayé de relier ces notions à celle d'*euchromatine* et d'*hétérochromatine* en faveur chez beaucoup de caryologistes : l'hétérochromatine constituant les segments chromosomiques résistant aux transformations catachromasiques, et l'euchromatine toutes les parties des chromosomes qui se sont alors transformées. On peut se demander jusqu'à quel point ces notions ont toujours un sens précis; en effet, une étude générale des structures nucléaires révèle qu'aucune différence histochimique n'existe entre la chromatine des chromocentres et celle du réseau, ou, pour exprimer la même idée sous une autre forme, entre la chromatine de la matrix et celle du chromonema; tout se passe en réalité comme si la déchromatinisation des chromosomes, lors de la catachromase, pouvait présenter tous les intermédiaires entre la disparition complète de la chromatine matricielle, la chromatine des chromonemas étant conservée (noyaux euréticulés et réticulés sans chromocentres), et, à l'extrême opposé, la disparition presque totale de la chromatine matricielle et chromonématique, certains segments chromosomiques subsistant sous forme de chromocentres, seuls vestiges discernables des chromosomes à l'intérieur du noyau quiescent (noyaux aréticulés); et, d'autre part, tous les intermédiaires existant entre les chromocentres compacts correspondant vraiment à des segments chromosomiques conservés, les chromocentres partiellement désagrégés par une disparition plus ou moins complète de la matrix et le réseau homogène résultant d'une catachromase intégrale.

GÉNÉTIQUE. — *Le pigment pourpre dans les hybrides de Blés européens, africains et canadiens.* Note de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Parlant des Blés français et chinois (1), nous avons conclu que le pigment pourpre des hybrides correspond, une fois de plus, à une série de caractères mendéliens de distribution locale irrégulière comme dans le croisement des espèces *Tr. vulgare* et *Tr. Monococcum*, mais avec des disjonctions où *vulgare* épuré ne porte plus de traces du pigment, et il est important de savoir si ce phénomène peut être généralisé à d'autres hybrides de blés. Voici ce qui se passe dans les croisements de blés nord-africains, européens et canadiens.

En 1938 nous avons introduit en France quelques variétés de Blés chinois, 30 variétés de Blés tunisiens, 6 variétés du Maroc, quelques variétés du Canada et de l'Inde, semées à la station des Recherches Berthelot (Bellevue, S.-et-O.). Nous avons choisi de nombreuses plantes de Blés français et étrangers comme générateurs pour obtenir une centaine d'hybrides dont nous

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 1004.

poursuivons la culture à Bellevue. À partir de 1942, pour en compléter le contrôle, nous avons semé une partie de ces hybrides aux Établissements Vilmorin, à Verrières-le-Buisson (S.-et-O.); à ce jour nous possédons la sixième génération. Après 7 ans d'observation nous avons quelques résultats précis relatifs à la transmission du pigment pourpre dans une série d'hybridations de Blés français et étrangers, et l'essentiel est que le phénomène de transmission se maintient sans modification; nous citons quelques cas, d'ailleurs rares, dans la série des hybrides obtenus :

A. ♀ Blé P. L. M. n° 1 × ♂ T. 105 garnet × (Allora × Florenee) 12104/L. La mère de ces hybrides est un blé tendre *Tr. vulgare* var. P. L. M. n° 1 qui, après castration, a été pollinisée avec un autre Blé tendre *Tr. vulgare*, var. T. 105 garnet × (Allora × Florence) 12104/L, ce dernier froment, nord-africain. Le P. L. M. 1 est une sélection de M. Crépin, obtenu en 1927 du blé de pays (dijonnais) appelé *Mouton*. Le père vient du Service botanique et agronomique (Ariana) de Tunisie, où M. Bœuf a fait une série de travaux de génétique sur l'amélioration des Blés nord-africains. Le P. L. M. n° 1 présente pas mal de couleur pourpre sur les plantules, un peu de pourpre au-dessous des nœuds, beaucoup sur les portions nues des chaumes, moins de couleur pourpre sur les parties recouvertes par les gaines des feuilles. Le père de ces hybrides porte aussi la couleur pourpre sur ses plantules, sur ses tiges nues, cette fois sur les gaînes des feuilles.

L'hybride de ces deux blés fournit des descendants présentant, au point de vue de la pigmentation, divers aspects que nous répartissons en trois groupes :

A*a*. Une première lignée porte un peu de couleur pourpre sur les plantules, beaucoup sur les tiges nues (partie non couverte par les gaines de feuilles), sur les gaines des feuilles qui entourent intimement les tiges (chaumes); au-dessous des nœuds apparaît la couleur pourpre très foncée.

A*b*. Deuxième lignée, pas mal de pourpre sur les plantules, un peu sur le dernier entrenœud précédant l'épi, beaucoup sur la partie moyenne, moins sur la base du chaume.

A*c*. Troisième lignée, presque pas de pigment pourpre sur les plantules ni sur les chaumes, ni sur les gaines de feuilles. Le phénomène de disjonction de la couleur pourpre est très net dans ces hybrides.

B. ♀ Blé blanc Sisonili × ♂ P. L. M. n° 1. Ces deux Blés m'ont été remis par les services de l'École nationale d'Agriculture de Grignon; la mère de cet hybride ne porte aucune trace de couleur pourpre ni sur les plantules, ni sur les tiges, ni sur les feuilles. Le père a été décrit dans le premier cas. Après croisement, les descendants de seconde génération présentent divers aspects comme dans le premier cas A, mais un point lui est spécial et digne d'être noté : c'est un anneau de couleur pourpre qui apparaît au-dessous du nœud de certains chaumes, présent surtout dans la portion moyenne. Le phénomène de la disjonction de la couleur pourpre y est très net comme dans le premier cas.

C. ♀ Canada pionnier × ♂ Pusa 4-1076/5/4. La mère de ces hybrides est un Blé américain *Tr. vulgare* var. Canada pionnier, et l'échantillon me fut remis par l'Institut des recherches agronomiques de Versailles; nous l'avons fécondée avec le blé tendre tunisien *Tr. vulgare* var., Pusa 4-1076/5/4, provenant du Service botanique et agronomique (Ariana) de Tunisie. Nous ne trouvons aucune trace de couleur pourpre ni sur les plantules, ni sur les tiges, ni sur les feuilles chez la mère blé Canada pionnier; le père tunisien, au contraire, en présente très peu sur les plantules, un peu au-dessous des nœuds. Après croisement nous avons obtenu des descendants présentant aussi divers aspects, notamment pour deux lignées choisies; les plantules portent un peu de couleur pourpre, et la partie moyenne de chaumes beaucoup plus dans un cas, alors que dans l'autre on ne trouve aucune trace de couleur pourpre, ni sur les plantules, ni sur les chaumes, ni sur les feuilles. Le phénomène de disjonction de la couleur pourpre est ici très net, plus encore que dans les deux premiers cas; cette ségrégation, réalisée à la seconde génération, se maintient depuis 1939.

En conclusion, le pigment pourpre des hybrides de Blés correspond à une série de caractères mendéliens indépendants à distribution locale irrégulière et dont la répartition varie selon l'origine des Blés provenant de différents continents.

AGRONOMIE ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur une relation entre la pluviosité, le drainage et l'évaporation.* Note [1] de MM. **Stéphane Hénin** et **J. Ternisien**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

On possède actuellement un certain nombre d'observations, effectuées à l'aide des lysimètres, sur la répartition de la pluie en eau de drainage et eau d'évaporation. Ces deux catégories sont seules à considérer, puisque, en moyenne, le sol revient chaque année à son état initial. Cette première remarque se symbolise par la formule

$$P = D + E, \tag{1}$$

où P, D, E représentent respectivement la pluviosité, le drainage et l'évaporation exprimés en mètres d'eau.

Nous avons ensuite établi deux relations entre ces données en partant des hypothèses suivantes : 1° l'expérience montrant que l'eau ne peut pénétrer dans le sol à une profondeur donnée que si les couches supérieures ont été sensiblement saturées, on peut admettre que l'eau des faibles précipitations reste soumise à l'action de l'air et est complètement évaporée; 2° pour des pluviosités très élevées, théoriquement infinies, l'évaporation tend vers zéro,

---

(1) Séance du 3 juillet 1944.

l'air étant sensiblement saturé dans ces conditions. Ces deux hypothèses sont implicitement contenues dans la formule

$$E = \frac{P}{1 + \gamma P^2}, \tag{2}$$

où γ est un facteur mesurant l'influence des conditions de milieu; rétention de l'eau par le sol et évaporation sous l'action du climat local. C'est ainsi que les valeurs extrêmes trouvées pour γ vont de 0,205 (Palestine) à 2,75 (Hollande) [2], faisant apparaître les conditions d'évaporation plus intenses propres au climat palestinien. Pour une même localité au Maroc, γ a varié de 1,52 pour un sable à 0,68 pour un sol argileux, exprimant le fait que le sol sableux, dont la capacité de rétention pour l'eau est plus faible, laisse infiltrer l'eau qui échappe alors à l'action de l'air, ce qui diminue l'évaporation [3]. Enfin la présence de végétation ne modifie pas l'allure des résultats, mais abaisse γ. A Versailles [4] par exemple, γ est égal à 1,71 en sol nu, et à 1 en sol cultivé, traduisant l'existence de conditions d'évaporation plus intenses. Le facteur γ paraît donc intégrer l'ensemble des conditions de milieu et permet réciproquement de le définir.

En portant dans (1) la formule (2), on en tire sans aucune hypothèse supplémentaire

$$D = \frac{\gamma P^3}{1 + \gamma P^2}, \tag{3}$$

relation entre le drainage et la pluviosité.

Les résultats expérimentaux sont généralement en accord avec ces relations, en particulier ceux qui ont été enregistrés à Rothamsted (pendant 50 ans) [5] et à Versailles [4].

Si l'on multiplie les valeurs P, D, E, obtenues dans des conditions de milieu déterminées, par $\sqrt{\gamma}$, correspondant à cette série d'observations, les équations (2) et (3) deviennent

$$E_c = \frac{P_c^3}{1 + P_c^2} \tag{2'}$$

et

$$D_c = \frac{P_c^3}{1 + P_c^2}, \tag{3'}$$

où

$$E_c = \sqrt{\gamma}E, \qquad D_c = \sqrt{\gamma}D, \qquad P_c = \sqrt{\gamma}D.$$

On obtient ainsi des équations générales exprimant toutes les observations possibles. Nous avons représenté sur le graphique ci-après les courbes correspondant aux équations (2′) et (3′) ainsi que quelques points expérimentaux choisis au hasard parmi ceux dont nous disposions.

---

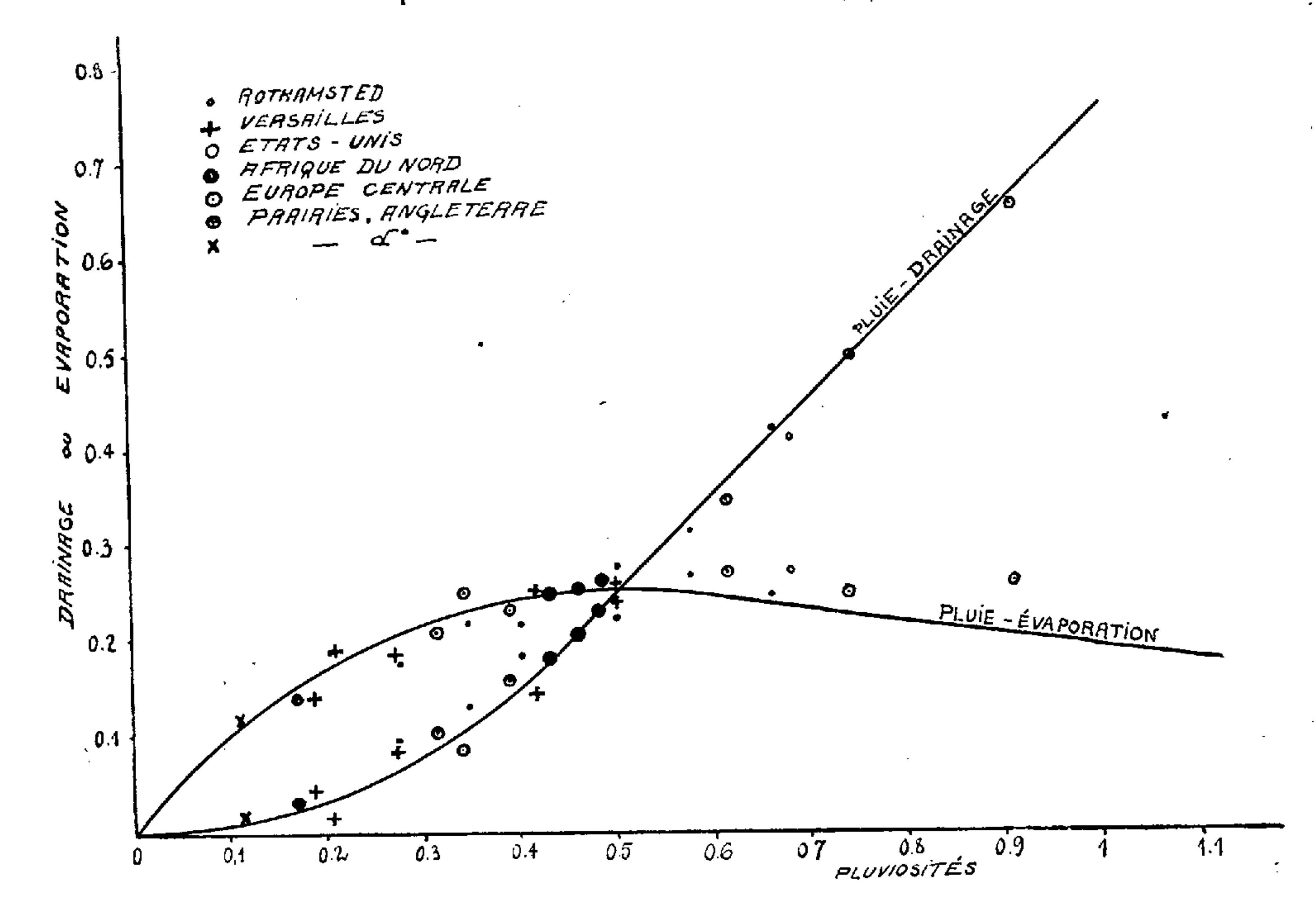
(2) Voir MASHAUPT, *Verlagen van Land Bouwkundinge onderzoekingen*, n° 44, I, A, p. 97.

(3) E. MIÈGE, *Annales agronomiques*, nouvelle série, 1937.

(4) E. DEMOLON et E. M. BASTISSE, *Études lysimétriques appliquées à l'Agronomie*, Paris, 1942, p. 37.

(5) Voir MASHAUPT, *loc. cit.*, p. 52.

On constate une analogie frappante entre ces courbes et celles qui relient le débit des fleuves à la pluviosité de leur bassin ([6]). Nous avons vérifié sur les



données de Keller ([7]) et de Coutagne et de Martonne ([8]) que nos équations sont encore applicables dans ce cas. En rapprochant ainsi les résultats des géographes et hydrologues de ceux des agronomes, nous montrons que les bassins fluviaux se comportent comme de gigantesques lysimètres, pour lesquels nos hypothèses, bien qu'approximatives, sont encore valables.

MICROBIOLOGIE. — *Influence de la concentration de l'aliment azoté sur la teneur en azote de* Sterigmatocystis nigra. Note ([1]) de Mme **Yvonne Jacquot-Armand** et M. **R. Raveux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Quelle influence les facteurs nutritifs exercent-ils sur l'intensité des synthèses protidiques de *Sterigmatocystis nigra*? Pour certains auteurs, la teneur azotée du mycélium présente une indépendance complète vis-à-vis des variations quantitatives de l'azote alimentaire. Pour d'autres, par contre, il existe un certain parallélisme entre le taux d'azote de la moisissure et la concentration de la source azotée. Il nous a paru intéressant de reprendre cette question en

([6]) Em. de Martonne, *Traité de géographie physique*, I, p. 461.

([7]) Voir Mashaupt, *loc. cit.*, p. 126.

([8]) *Publ. de l'Association internationale d'Hydrologie scientifique*, p. 107.

([1]) Séance du 3 juillet 1944.

recherchant si de fortes variations de l'apport azoté entraînaient des modifications dans la composition du mycélium. Cette étude a été poursuivie avec la souche 315 de l'Institut Pasteur, cultivée à 36° sur liquide de Czapek renfermant du glucose. L'aliment azoté, incorporé à trois concentrations différentes, variait dans chaque série expérimentale. Les essais ont porté sur des cultures de 2, 3, 4, 6 et 11 jours. Nous ne pouvons publier ici l'ensemble de nos résultats et nous nous bornons à quelques exemples.

Source azotée. (%).	Mycélium (poids sec) (g).	N par g./sec. (mg).	Source azotée. (%).	Mycélium (poids sec) (g).	N par g./sec. (mg).
Cultures jeunes (valeurs moyennes).					
NO^3K (2 j.)			Glycocolle (2 j.)		
0,83	0,337	49,5	2	0,390	64,5
4,15	0,277	59,3	8	0,310	77
11,6	0,187	72	15	0,202	90,1
$SO^4(NH^4)^2$ (2 j.)			Asparagine (3 j.)		
0,5	0,496	37	2	0,335	50,7
2,5	0,476	49,2	7	0,494	65,1
7	0,346	56	13	0,546	69,2
NO^3NH^4 (2 j.)			Peptone (6 j.)		
0,3	0,402	58,2	3	0,264	58,5
1,5	0,343	54,5	12	0,539	70,7
4,25	0,224	50,6	22	0,307	76,7
Cultures plus âgées (valeurs moyennes).					
NO^3K (4 j.)			Glycocolle (6 j.)		
0,83	0,693	38	2	0,238	50
4,15	0,747	40	8	0,236	56,3
11,6	0,507	51,5	15	0,166	60
$SO^4(NH^4)^2$ (6 j.)			Asparagine (6 j.)		
0,5	0,801	32,6	2	0,215	47,4
2,5	0,745	36,9	7	0,455	51,4
7	0,754	41,7	13	0,564	70,7
NO^3NH^4 (4 j.)			Peptone (11 j.)		
0,3	0,754	40,8	3	0,174	47,6
1,5	0,680	37,6	9	0,454	55,3
4,25	0,502	38,5	22	1,05	66,5
			30	0,880	71,2

Quel que soit l'état de développement et par conséquent le poids sec de la récolte, il existe une dépendance très nette entre la concentration de l'azote alimentaire et la teneur en azote du mycélium.

Le taux d'azote de la moisissure baisse en fonction du temps, c'est là un fait classique. Néanmoins on relève toujours les mêmes écarts significatifs chez les

cultures plus ou moins âgées. Dans un seul cas, celui du nitrate d'ammonium, l'augmentation du sel ne provoque aucun accroissement et entraîne même une légère diminution des synthèses azotées. Les travaux de R. A. Steinberg et J. D. Bowling (²) ayant au contraire prouvé que l'azote total de *Sterigmatocystis nigra* croissait linéairement avec la concentration du nitrate d'ammonium dans e milieu de culture, nous avons repris ces expériences en utilisant différentes souches. Avec la SN.76 du Muséum, nous avons retrouvé des résultats semblables à ceux des auteurs américains.

On voit donc qu'il est indispensable de préciser l'origine des souches expérimentées. Il peut exister, d'une souche à l'autre, des différences de comportement qui interdisent toutes conclusions générales et expliquent les contradictions de la littérature.

En résumé, nous avons pu observer l'influence très nette de la concentration de l'aliment azoté sur la teneur en azote de *Sterigmatocystis nigra* : plus l'aliment azoté est abondant dans le milieu, plus élevé se trouve être le taux d'azote de la moisissure. Les augmentations sont significatives et peuvent dépasser 50 %.

Par ailleurs, la richesse du mycélium en azote varie considérablement selon la nature du composé expérimenté, bien que les milieux fussent isoazotés, les conditions de culture identiques et les moisissures récoltées de poids très voisins.

Les homéothermes présentent un pourcentage d'azote total strictement fixe et indépendant des conditions alimentaires (³). Cette grande loi de l'équilibre azoté ne s'applique pas aux microorganismes.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

(²) *J. of Agricult. Res.*, 58, 1939, p. 717.
(³) R. Jacquot et Y. Armand, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 24, 1942, p. 313.

ERRATA.

(Séance du 15 mai 1944.)

Note de MM. *Buu-Hoï* et *Jean Lecocq*, De la chimie des inhibiteurs de carbures cancérigènes : synthèse de polyméthylbenzacridines :

Page 794, ligne 19, *au lieu de* picrate, *lire* picrate F 159°; lignes 9 et 21 en remontant, *au lieu de* diméthyl-2.3, *lire* diméthyl-2.4.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUILLET 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie une brochure intitulée *André-Eugène Blondel,* par M. Auguste Detoeuf, publiée sous les auspices du Comité André Blondel.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les cycles couple-torsion des métaux plastiques.* Note [1] de MM. **Pierre Chevenard, Charles Crussard** et **Francis Aubertin**, présentée par M. Léon Guillet.

Ainsi que nous l'avons montré [2], les cycles couple-torsion (C, α) du nickel à l'état visqueux, enregistrés par un hystérésigraphe qui soumet l'éprouvette à une torsion sinusoïdale, $\alpha = \alpha_0 \sin 2\pi (t/T)$, sont d'autant plus enflés et plus penchés sur l'axe $O\alpha$ que la période T est plus longue. Leur forme à sommets arrondis tient au fait que la contrainte élastique créée par la déformation se détruit partiellement, en même temps, par relaxation visqueuse : la constante de torsion K a pour mesure la pente de la droite double vers laquelle tend le cycle quand T tend vers zéro; quant à la vitesse de relaxation $V = \partial C/\partial t$, on l'obtient par élaboration des cycles enregistrés

$$V = \frac{d\alpha}{dt}\left(\frac{dC}{d\alpha} - K\right). \tag{1}$$

La vitesse V est une fonction *non univoque* du couple C, ce qui prouve l'intervention de la *réactivité*. Si l'on représente cette fonction, en rapportant les valeurs de C et de V aux plus grandes d'entre elles, les points relatifs aux différentes périodes T se placent sur une même *courbe réduite* $[(V/V_0), (C/C_0)]$ [3] :

---

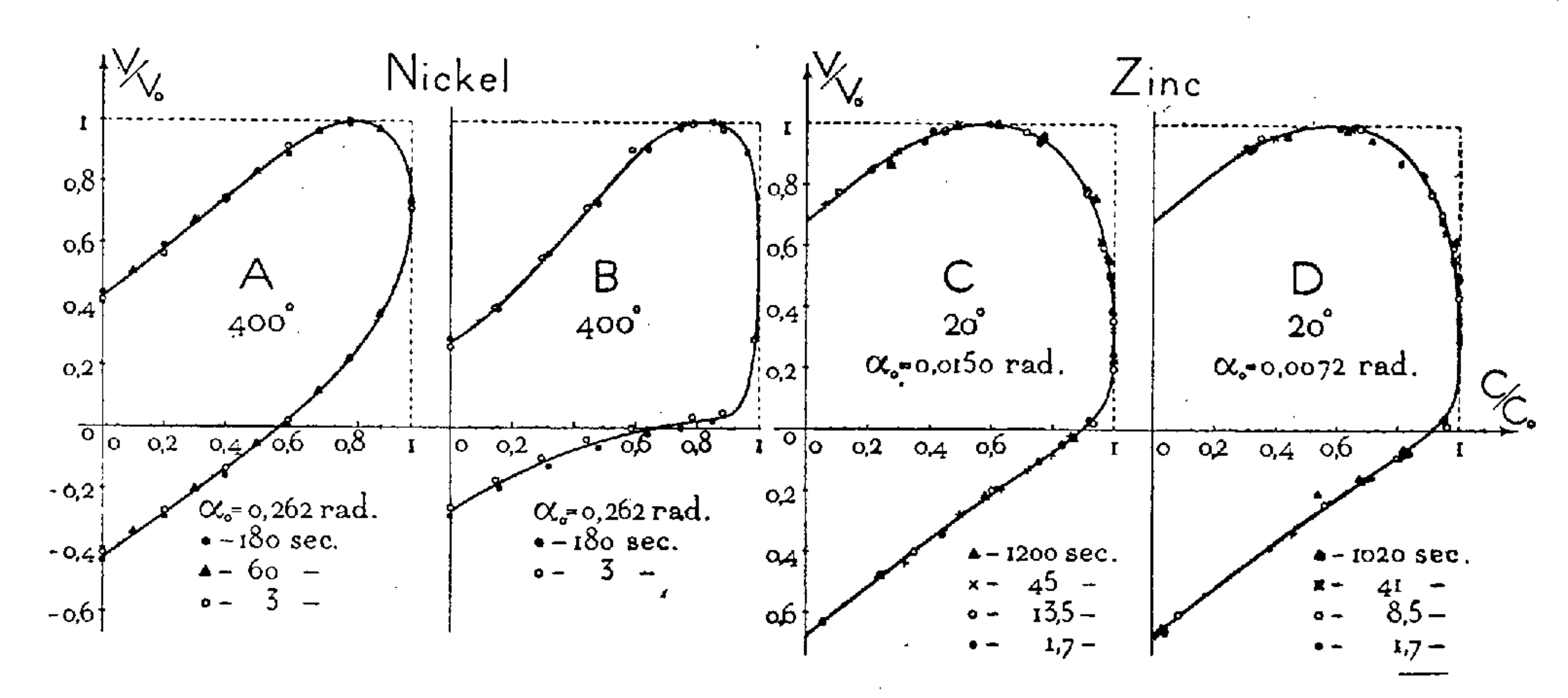
(1) Séance du 3 juillet 1944.
(2) *Comptes rendus,* **214**, 1942, p. 415.
(3) *Journal de Physique,* 8e série, 3, 1942, p. 105.

la forme est grossièrement une ellipse dans le cas du nickel, étudié à 400° après tréfilage (courbe A de la figure).

Tandis que nous poursuivions les expériences sur le nickel, en faisant varier l'état du métal, l'amplitude, la fréquence et la température, d'autres étaient entreprises sur l'aluminium et le zinc très purs, métaux aptes à fluer dès la température ordinaire. On a utilisé pour ces derniers essais une micromachine de torsion alternée ([1]), construite pour une gamme étendue de périodes T, variant de 0,04 sec à 2 heures.

Les cycles enregistrés ont des formes variées et s'intercalent par gradation continue entre deux types extrêmes : cycles à sommets pointus des métaux, que M. H. Bouasse nomme à frottement solide, cycles à sommets arrondis des métaux dits à frottement visqueux. Les derniers se constatent aux températures élevées et sur les métaux écrouis, et les premiers aux températures basses et sur les métaux recristallisés par recuit.

Cette continuité dans la transition nous a suggéré l'idée que l'irréversibilité des cycles de faible amplitude, quelle que soit leur forme, a pour cause un seul et même phénomène, le *fluage*. C'est pourquoi, généralisant le mode d'élaboration adopté pour le nickel tréfilé, nous avons calculé les vitesses V par la formule (1) et construit les courbes réduites $[(V/V_0), (C/C_0)]$. Or, comme le prouve la faible dispersion des points groupés autour des courbes B, C, D,



pour les petites amplitudes tout au moins, la loi de similitude se vérifie fort bien dans un large intervalle de fréquences : la courbe B concerne un fil de nickel essayé à 400° après recuit à 750°; les courbes C et D, fournies par le zinc pur sous deux amplitudes différentes, sont quasi superposables.

Le couple C et la vitesse V sont des fonctions périodiques du temps plus ou moins éloignées de la forme sinusoïdale. En admettant $C = C_0 \sin[2\pi(t/T) + \varphi]$

([1]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 631.

et $V = V_0 \sin[2\pi(t/T) + \varphi']$, le calcul conduit à des ellipses pour le cycle (C, α) et pour la courbe $[(V/V_0), (C/C_0)]$: telle est *grosso modo* la forme de la courbe A du nickel tréfilé. Si l'on ajoute un harmonique d'ordre 3 et de même phase φ' dans l'expression de V, on déforme l'ellipse de manière à la rapprocher de la courbe expérimentale $[(V/V_0), (C/C_0)]$ observée sur le zinc (courbe C et D) et sur l'aluminium tréfilés.

Pour les métaux recristallisés, les phases φ et φ' sont quasi indépendantes de T et, sous amplitude constante, V_0 croît presque proportionnellement à $1/T$. Pour les métaux écrouis par tréfilage, φ et φ' augmentent un peu avec la période et V_0 croît avec $1/T$ selon une loi en $(1/T)^m$; m vaut 0,63 pour le nickel à 400° et 0,84 pour l'aluminium à température ordinaire.

D'autre part, sous amplitude croissante, bien que la différence $(\varphi' - \varphi)$ reste constante, comme le veut la loi de similitude indiquée plus haut, les phases φ et φ' vont en croissant.

En résumé, un même métal présente des cycles à sommets arrondis ou aigus selon le degré d'écrouissage et la température de l'essai, et l'on peut rencontrer tous les aspects intermédiaires. Dans tous les cas, si la contrainte n'est pas trop forte, les courbes reliant la vitesse de fluage au couple, rapportées aux plus grandes valeurs de ces variables, sont les mêmes quelles que soient la période et l'amplitude. *Chacune de ces courbes réduites* $[(V/V_0), (C/C_0)]$ *caractérise donc l'aptitude au fluage d'un métal dans un état déterminé.*

MOTEURS A EXPLOSION. — *Au sujet de la détonation dans les moteurs à explosion.* Note (¹) de M. **Paul Dumanois**, présentée par M. Albert Caquot.

Il est admis que la détonation résulte de la présence de peroxydes et de leurs produits de décomposition, qui se forment pendant la période d'aspiration et de compression du mélange carburé.

Du fait de la turbulence et de l'inégalité de température des parois, ces peroxydes se forment et se répartissent de façon inégale dans la masse du mélange carburé. Ces peroxydes, ainsi que leurs produits de décomposition, ont une température d'inflammation plus basse que celle du combustible et agissent ainsi sur la détonation et l'allumage par point chaud (²).

C'est à eux qu'est due la première température d'inflammation du mélange carburé à l'essence (³). Leur présence dans le fonctionnement des moteurs au moment où se produit la détonation a d'ailleurs été mise en évidence (⁴).

En fait ces corps jouent un véritable rôle d'accélérateur de combustion :

(¹) Séance du 15 mai 1944.

(²) Dumanois, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 292.

(³) Prettre, Laffitte et Dumanois, *Comptes rendus*, **191**, 1930, pp. 329-414.

(⁴) Mondain-Monval, Quanquin et Dumanois, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1158.

il en résulte qu'on n'améliore pas systématiquement le fonctionnement d'un moteur en augmentant le pouvoir antidétonant, c'est-à-dire le nombre d'octane de l'essence. C'est ainsi que, si l'on alimente un moteur à faible compression avec une essence à haut nombre d'octane, non seulement on ne gagne rien, mais la puissance tend à baisser et le moteur chauffe. Autrement dit, pour chaque type de moteur, il convient d'avoir le nombre d'octane qui assure sans détonation la vitesse maximum de combustion.

La formation des peroxydes est fonction des variables qui agissent sur l'allure des réactions chimiques : composition du mélange, pression, température, temps.

L'augmentation de puissance massique et de rendement, soit par l'augmentation du taux de compression, soit par l'augmentation de la pression de remplissage, ayant toujours comme conséquence l'élévation de la pression en fin de compression, nécessite l'augmentation du nombre d'octane. Au lieu de modifier le combustible on peut songer à agir sur une des variables de la réaction, en particulier le temps : effectivement, si l'on augmente le régime, la tendance à la détonation diminue. Pour un régime donné, on peut agir sur le temps en diminuant la durée du contact entre le combustible et l'air, c'est-à-dire en introduisant le combustible de plus en plus tard, en particulier pendant la période de compression. On réduit ainsi la durée de circulation du combustible au contact de la soupape d'échappement à une température supérieure à 700°. C'est ainsi que, en injectant le combustible 30° après le point mort, la durée de cette circulation, essentiellement favorable à la formation des peroxydes, est réduite de 60 % environ par rapport aux moteurs à mélange carburé. La seule condition à réaliser est que le dispositif d'injection soit tel qu'il permette au mélange de se faire entre la fin de l'injection et l'allumage. Des essais encourageants avaient été réalisés dès 1938.

Il a été possible depuis de vérifier, sur un cylindre de $0^m,130$ de course, $0^m,135$ d'alésage, de compression 6,22, qu'on obtenait un fonctionnement satisfaisant et une pression moyenne efficace de 726 pièzes avec de l'essence à 59 de nombre d'octane, sans détonation, en commençant l'injection 70° après le point mort, alors que, dans les mêmes conditions, l'essence à 87 ne pouvait brûler.

Avec une telle méthode, qui a en outre l'avantage de permettre le refroidissement interne par balayage d'air frais, l'adaptation d'une essence à un moteur consiste à remplacer les essences spéciales et les dopes coûteux par un calage convenable de la pompe d'injection. Elle donne en outre la possibilité de réaliser dans les meilleures conditions le moteur à deux temps.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la propagation le long d'une ligne triphasée symétrique électriquement longue lorsque cette ligne est attaquée par un émetteur entre une phase et la terre.* Note de M. **André Chevallier.**

Les composantes normales des tensions V_1, V_2, V_3 par rapport à la terre et des courants I_1, I_2, I_3 des phases 1, 2 et 3 d'une ligne triphasée symétrique sont données par les équations :

$$(1)\quad \begin{cases} V_1 = A_0 e^{k_0 x} + (A_i + A_d) e^{kx} + A'_0 e^{-k_0 x} + (A'_i + A'_d) e^{-kx}, \\ V_2 = A_0 e^{k_0 x} + a(A_i + a A_d) e^{kx} + A'_0 e^{-k_0 x} + a(A'_i + a A'_d) e^{-kx}, \\ V_3 = A_0 e^{k_0 x} + a(a A_i + A_d) e^{kx} + A'_0 e^{-k_0 x} + a(a A'_i + A'_d) e^{-kx}; \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} I_1 = -\frac{1}{Z_0} A_0 e^{k_0 x} - \frac{1}{Z} (A_i + A_d) e^{kx} + \frac{1}{Z_0} A'_0 e^{-k_0 x} + \frac{1}{Z} (A'_i + A'_d) e^{-kx}, \\ I_2 = -\frac{1}{Z_0} A_0 e^{k_0 x} - \frac{1}{Z} a(A_i + a A_d) e^{kx} + \frac{1}{Z_0} A'_0 e^{-k_0 x} + \frac{1}{Z} a(A'_i + a A'_d) e^{-kx}, \\ I_3 = -\frac{1}{Z_0} A_0 e^{k_0 x} - \frac{1}{Z} a(a A_i + A_d) e^{kx} + \frac{1}{Z_0} A'_0 e^{-k_0 x} + \frac{1}{Z} a(a A'_i + A'_d) e^{-kx}; \end{cases}$$

où a est l'opérateur $e^{j(2\pi/3)}$, où k_0 et k sont les constantes de propagation homopolaire et triphasée, Z_0 et Z les impédances caractéristiques homopolaire et triphasée par phase, A_0, A'_0, A_i, A'_i, A_d, A'_d des constantes à déterminer par les conditions aux limites.

Si la tension U_1 est appliquée entre la phase 1 de la ligne et la terre, et si les phases 2 et 3 sont fermées sur des impédances Z_2, la ligne étant électriquement longue, et si l'on pose

$$n = \frac{Z}{Z_0} \cdot \frac{Z_0 + Z_2}{Z + Z_2},$$

les équations (1) et (2) s'écrivent

$$(3)\quad \begin{cases} V_1 = \frac{U_1}{1 + 2n} (e^{-k_0 x} + 2n e^{-kx}), \\ V_2 = \frac{U_1}{1 + 2n} (e^{-k_0 x} - n e^{-kx}), \\ V_3 = V_2; \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} I_1 = \frac{U_1}{1 + 2n} \left(\frac{1}{Z_0} e^{-k_0 x} + \frac{2n}{Z} e^{-kx} \right), \\ I_2 = \frac{U_1}{1 + 2n} \left(\frac{e^{-k_0 x}}{Z_0} - n e^{-kx} \right), \\ I_3 = I_2. \end{cases}$$

L'affaiblissement homopolaire étant grand devant l'affaiblissement triphasé, à une distance de l'origine suffisamment grande (de l'ordre de 80 km pour une fréquence de 100 kilocycles), la composante homopolaire devient négligeable

devant la composante triphasée. Les équations (3) et (4) s'écrivent alors

$$(5)\quad \begin{cases} V_1 = \dfrac{2n}{1+2n} U_1 e^{-kx}, \\ V_2 = -\dfrac{n}{1+2n} U_1 e^{-kx}, \\ V_3 = -\dfrac{n}{1+2n} U_1 e^{-kx}; \end{cases}$$

$$(6)\quad \begin{cases} I_1 = \dfrac{1}{Z}\dfrac{2n}{1+2n} U_1 e^{-kx}, \\ I_2 = -\dfrac{1}{Z}\dfrac{n}{1+2n} U_1 e^{-kx}, \\ I_3 = -\dfrac{1}{Z}\dfrac{n}{1+2n} U_1 e^{-kx}. \end{cases}$$

Les équations (5) et (6) montrent que les phases 2 et 3 sont au même potentiel par rapport à la terre, que les courants dans les phases 2 et 3 sont égaux et de sens opposé au courant dans la phase 1. La propagation s'effectue donc à une certaine distance de l'origine de la ligne comme sur une ligne bifilaire dont la tension entre fils serait

$$V = \frac{3n}{1+2n} U_1 e^{-kx}.$$

MAGNÉTOCHIMIE. — *Propriétés magnétiques des variétés allotropiques* (α, β, γ) *du cérium métallique.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

En 1934 [1], l'étude d'un cérium de bonne pureté chimique m'a montré l'existence à basse température de deux états magnétiques de ce métal. Suivant le sens de la variation thermique, le passage d'un état à l'autre commence vers 110° K. (—163° C.), température descendante, ou vers 173° K. (—100° C.), température ascendante. Ces résultats, vérifiés par Klemm [2] en 1937, n'avaient pas été retrouvés en 1936 par Wereschtschagin, Schubnikow et Lazarew [3]. Starr et Kaufmann [4], en 1940, constatent aussi l'absence d'anomalies magnétiques à basse température. Malgré la pureté relative du métal qu'ils utilisent (3 % d'impuretés dont 0,5 % de fer), ces derniers auteurs n'hésitent pas à conclure que le cérium servant à mes mesures de 1934 était impur. Il me paraît nécessaire de rappeler que ce cérium, préparé en creuset

(1) *Comptes rendus,* **198**, 1934, p. 1591; *Annales de Physique,* 2e série, **7**, 1937, p. 144.

(2) *Z. anorg. Chem.*, **231**, 1937, p. 138.

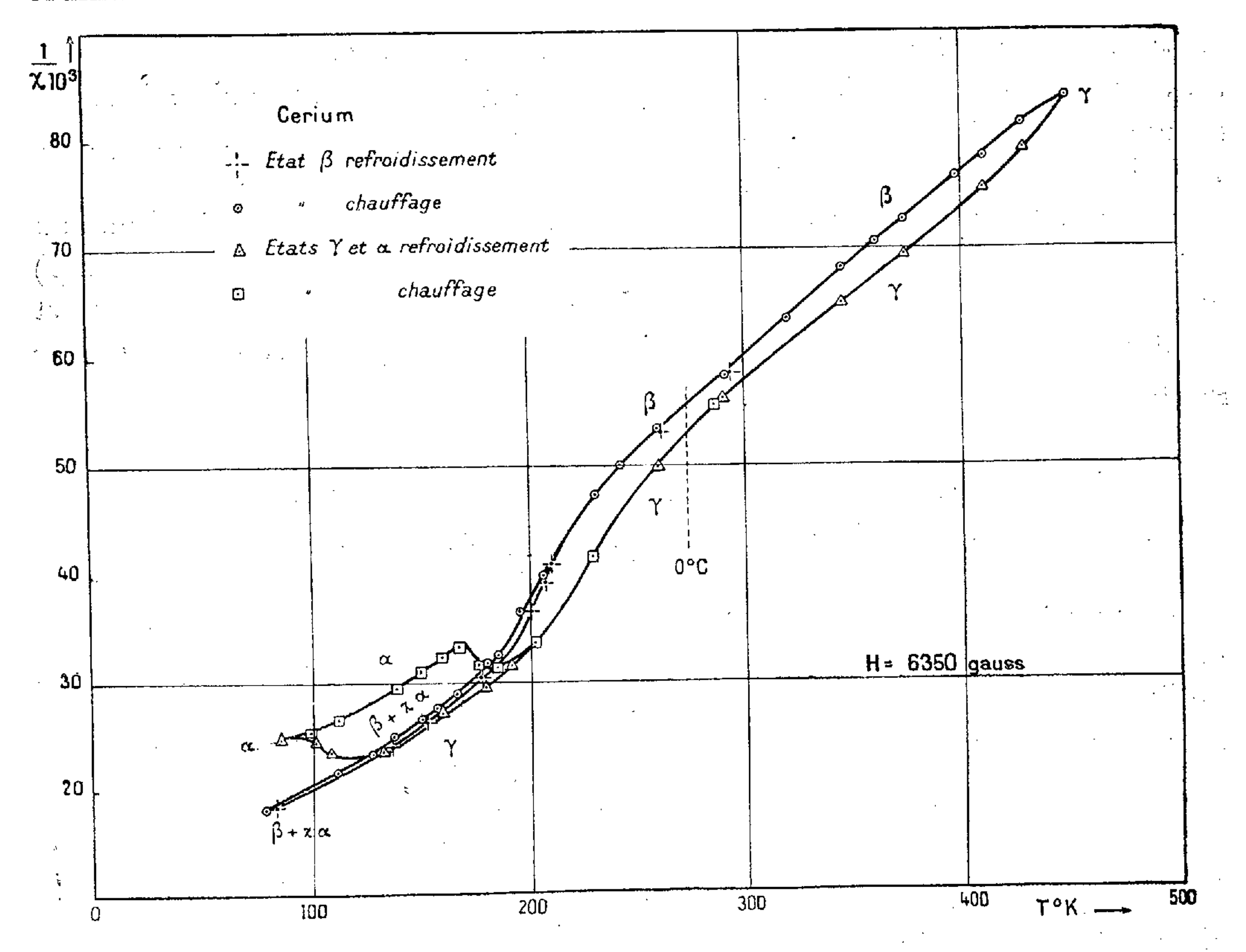
(3) *Phys. Z. Sowjetunion,* **10**, 1936, p. 618.

(4) *Phys. Rev.*, **58**, 1940, p. 657.

de fluorine ([5]) et exempt des autres terres rares, contient moins de 0,1 % d'impuretés totales (Si 0,05 %, Fe 0,02 à 0,01).

En 1943, une étude dilatométrique ([6]), effectuée avec Marc Foëx, nous a permis de mettre en évidence trois états du cérium. Un état γ de température élevée donne, par refroidissement, l'état α caractérisé par une très forte diminution de volume (> 10 %); les transformations γα et αγ ont lieu aux températures indiquées pour le cycle magnétique. Au-dessous de 200° C. (473° K.), il est possible de transformer, par de lentes variations thermiques, l'état γ en un état β qui ne donne plus que 5 % environ de la contraction caractéristique de la transformation γα.

J'ai déterminé, à l'aide de la balance à translation de Foëx et Forrer ([7]) et pour différents champs moyens, la susceptibilité magnétique du cérium dans les intervalles suivants : A (états β) : température ordinaire → 79° K. (azote liquide) → 473° K. (200° C.); B (états γ et α) : 473° K. → 77° K. → température ordinaire.



Dans la représentation de $1/\chi$ *en fonction de* T (*fig.*) (*champ agissant moyen* 6350 *gauss*), *la variété* A (*état* β) *ne comporte plus qu'un cycle magnétique*

([5]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 421.

([6]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 501.

urn. de Phys., 6e série, **7**, 1926, p. 180.

extrêmement réduit à basse température. L'état β ne donne donc pratiquement pas l'état α ainsi que l'avait montré l'étude dilatométrique. La valeur de χ de 190° K. à 450° K. reste constamment inférieure à celle que l'on obtient pour l'état γ aux températures correspondantes. Par contre, dans l'azote liquide, le cérium γ transformé en α possède une susceptibilité χ bien plus faible que le cérium β. Le même échantillon, transformé en état γ par chauffage à 473° K., donne, suivant la variation (B), l'anomalie de basse température caractéristique des transformations γα et αγ.

Le cérium β et le cérium γα ont une susceptibilité indépendante du champ jusqu'à environ 200° K. et, comme je l'avais constaté en 1934, fortement dépendante du champ à plus basse température :

Cérium à 0,02 % Fe....	β, à 83°,7 K.			γα, à 99°,4 K.	
Champ (gauss)...........	6350	4340	2200	7000	3000
$\chi \cdot 10^6$....................	54,4	61,5	75,7	39,0	53,8

Le fer contenu dans le cérium (0,02 %) ne se trouve pas à l'état libre, car les effets de saturation disparaissent avant la température ordinaire; il serait néanmoins en quantité suffisante pour provoquer, en fonction du champ, les variations observées.

Il pourrait exister, à basse température, superposé au paramagnétisme, un ferromagnétisme propre au cérium et *a priori* indépendant de l'état (α ou β) dans lequel se trouve le métal; cette dernière indication, donnée par Starr et Kaufmann ([4]), paraît encore prématurée. L'étude d'un cérium sans fer permettra seule de conclure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'osmose électrique dans un tube capillaire.* Note de M. **Max Viscontini**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'application des équations de l'hydrodynamique à un liquide visqueux s'écoulant en régime permanent, sous l'effet d'une pression P à travers un tube capillaire cylindrique de longueur L et de rayon R, conduisit Navier ([1]) à l'équation différentielle

$$\eta\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r}\right)-\frac{\partial P}{\partial z}=0,$$

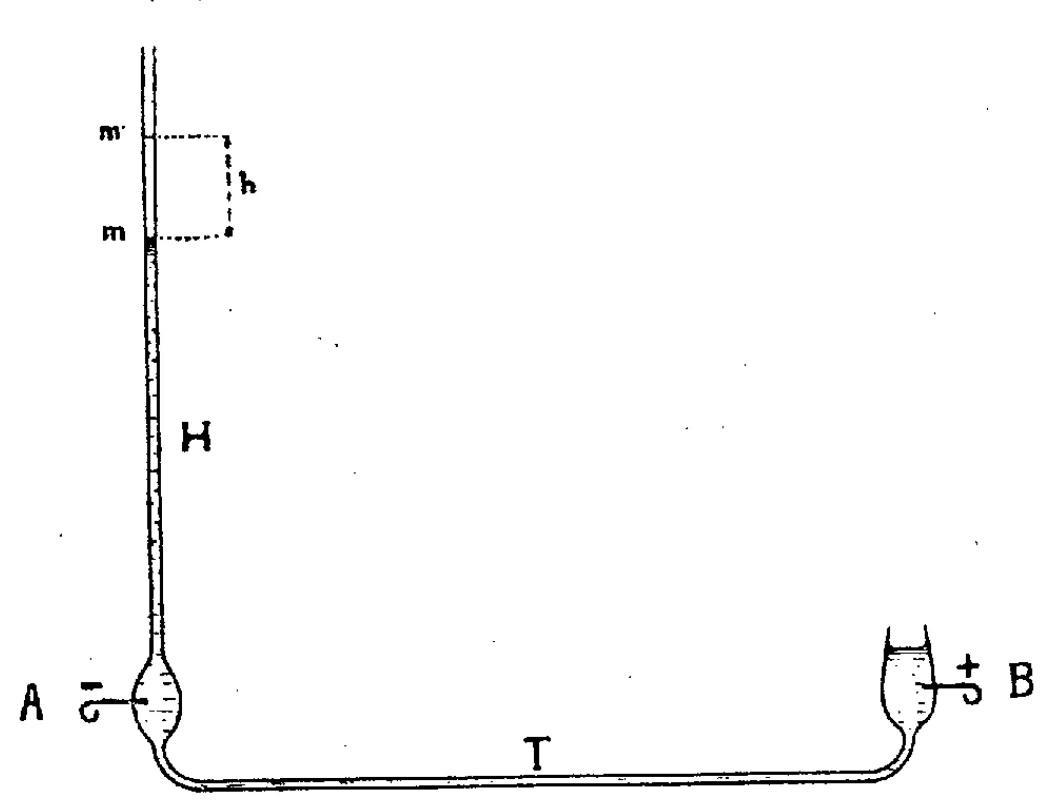
dans laquelle η représente le coefficient de viscosité et w la vitesse du liquide en un point situé à la distance r de l'axe pris pour axe Oz. Lamb ([2]) intégra cette équation dans le cas de l'osmose électrique et montra théoriquement que

([1]) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 6, 1823, p. 389.
([2]) *Phil. Mag.*, 25, 1888, p. 52.

la vitesse w en régime permanent était donnée par l'équation

$$w = \frac{P}{4\eta L}\left(r^2 - \frac{R^2}{2}\right). \tag{1}$$

J'ai réalisé pratiquement un tube où la perte de charge P peut facilement être mise en évidence (figure). T est un tube capillaire horizontal, et H un tube



capillaire vertical; la cathode est fixée dans l'ampoule A de $0^{cm^3},5$ environ et l'anode dans la cuve B située à l'extrémité du tube T. Lorsque l'appareil est rempli d'une solution, le niveau se fixe en M dans la cuve B, et en m dans le tube vertical H. A la fermeture du courant électrique, l'osmose électrique a lieu dans le sens habituel, de l'anode vers la cathode : du liquide est transporté dans le capillaire H où l'on peut suivre l'ascension du ménisque m. Une pression hydrostatique prend ainsi naissance, provoquant un reflux dans le tube capillaire T. Très rapidement le ménisque se stabilise en m' et l'ascension $h = m' - m$ peut se mesurer au cathétomètre. La pression hydrostatique est alors $\rho g h$, et la perte de charge linéaire $p = \rho g h / L$, ρ étant la masse spécifique du liquide.

J'ai vérifié avec de tels tubes capillaires, et en utilisant différentes solutions, que le déplacement h du ménisque est :

1° proportionnel à la différence de potentiel appliquée $V_1 - V_2$;

2° inversement proportionnel au carré du rayon du tube capillaire;

3° indépendant de la longueur du tube capillaire.

On a donc $h = K(V_1 - V_2)/R^2$, K étant un coefficient de proportionnalité. La vitesse le long des parois du tube capillaire T est, d'après l'équation (1),

$$W_R = \frac{\rho g h R^2}{8\eta L};$$

on en déduit

$$W_R = K \frac{\rho g}{8\eta} \frac{V_1 - V_2}{L}; \tag{2}$$

la vitesse de l'osmose électrique le long des parois est donc proportionnelle au champ électrique $E = V_1 - V_2/L$, et par conséquent à la densité σ de la charge électrique de la couche électrique adsorbée sur l'unité de surface de la paroi de verre. On peut écrire alors

$$W_R = k\frac{\sigma E}{\eta}.$$

En portant cette valeur de W_R dans l'équation (2), on obtient finalement

$$h = k\frac{8\sigma(V_1 - V_2)}{\rho g R^2}.$$

Autrement dit, le déplacement h du ménisque sous l'effet de l'osmose électrique est proportionnel à la densité σ de la couche électrique adsorbée sur la paroi de verre, en présence d'une solution donnée; à deux concentrations différentes d'un même électrolyte correspondent deux densités σ_1 et σ_2 et deux déplacements h_1 et h_2 tels que

$$h_1 = k\frac{8\sigma_1(V_1 - V_2)}{\rho g R^2} \qquad \text{et} \qquad h_2 = k\frac{8\sigma_2(V_1 - V_2)}{\sigma g R^2},$$

ce qui donne

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}.$$

On en déduit la possibilité d'effectuer des mesures relatives de densité de charge de la couche électrique adsorbée sur la paroi du tube capillaire. C'est ce que j'ai réalisé avec les solutions de nitrates de 26 métaux différents, afin d'étudier la variation de l'adsorption des cathions en fonction de leur concentration. Les résultats obtenus, qui seront publiés ailleurs, permettent de conclure que :

1° la charge de la couche électrique adsorbée diminue avec la concentration des électrolytes;

2° plus la valence du cathion est élevée, plus la diminution de la charge est rapide;

3° la charge peut changer facilement de signe sous l'influence des cathions trivalents et tétravalents;

4° d'une manière générale on peut dire qu'à valence égale, un cathion décharge d'autant plus qu'il est léger; ceci se vérifie tout particulièrement pour l'ion H^+;

5° le plomb et l'uranium font exception à cette dernière règle. Leur effet de décharge est beaucoup plus fort que ne le voudraient leurs poids atomiques élevés.

MÉTÉOROLOGIE. — *La variation diurne de la température en hiver dans les régions polaires.* Note de M. **Jules Rouch**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai signalé à plusieurs reprises ([1]) que dans les régions polaires la variation diurne de la température de l'air présente un caractère particulier quand le Soleil est au-dessous de l'horizon : pendant les heures qui correspondent à la nuit la température est plus chaude que pendant les heures qui correspondent au jour.

Dans mes Notes précédentes, j'ai essayé d'éliminer l'influence du vent et de la nébulosité en ne considérant que les jours où le vent était faible et la nébulosité moyenne de la journée inférieure à 2. Mais la nébulosité est toujours mesurée d'une façon assez peu précise, et ses variations, même faibles, pourraient suffire à expliquer la variation de la température. Aussi ai-je cherché une station polaire présentant un nombre assez grand de journées de nébulosité rigoureusement nulle.

Tel a été le cas pour les observations faites par Amundsen de 1903 à 1905 à Port Gjoa, situé par 68°37′ N, et 95°53′ W. Au cours de trois hivers successifs, on a compté 15 journées pendant lesquelles la nébulosité a été complètement nulle. Les moyennes des températures de ces 15 jours donnent la variation diurne suivante (toutes les températures sont négatives) :

1h.	2h.	3h.	4h.	5h.	6h.	7h.	8h.	9h.	10h.	11h.	12h.
38°,7	38°,9	39°,0	39°,1	39°,3	39°,5	39°,7	39°,7	39°,8	39,9	39°,9	39°,9
13h.	14h.	15h.	16h.	17h.	18h.	19h.	20h.	21h.	22h.	23h.	24h.
39°,7	39°,6	39°,4	39°,3	39°,2	39°,1	39°,0	38°,9	38°,8	38°,7	38°,7	38°,7

La variation diurne de la température est à simple période, avec maximum entre 22^h et 1^h, et minimum entre 10^h et 12^h. L'amplitude de cette variation est de 1°,2.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Répartition des différentes structures nucléaires chez les Dicotylédones.* Note ([1]) de Mlle **Cécile Delay**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons défini quatre types ([2]) de structure nucléaire basés sur la plus ou moins grande importance de réseau chromatinien; nous examinerons maintenant la répartition de ces différents types parmi quelques importantes familles de Dicotylédones.

([1]) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 866; **212**, 1941, p. 94.

([1]) Séance du 28 février 1944.

([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 76.

D'après nos observations, il semble bien que la structure semi-réticulée soit la plus répandue; nous l'avons trouvée chez 42 % des genres étudiés. Ce fait n'est pas surprenant puisqu'il s'agit là d'une organisation intermédiaire correspondant à tous les termes de passage entre les noyaux aréticulés d'une part, et les noyaux typiquement réticulés d'autre part. Cette structure est particulièrement représentée chez les Papavéracées, Rosacées, Légumineuses, Tiliacées, Malvacées, Œnothéracées, Labiées, Solanées ([3]) etc. Chez ces familles on ne rencontre évidemment pas uniquement des noyaux semi-réticulés; mais cette organisation nucléaire, sous des modalités d'ailleurs assez variées, y est très fréquente.

Après les noyaux du type semi-réticulé, ceux du type aréticulé sont les plus nombreux, puisqu'ils représentent 35 % des genres étudiés. On les trouve dans beaucoup de familles très variées, par exemple chez les Sapindacées, les Crucifères, les Ombellifères, les Cucurbitacées etc.

Par contre les noyaux riches en chromatine sont beaucoup moins répandus (14 % de genres à noyaux réticulés et 9 % de noyaux euréticulés); ils sont surtout localisés chez les Renonculacées et les Berbéridacées (*Berberis*, *Mahonia*, *Epimedium, Podophyllum*). En effet la plupart des Renonculacées (*Clematis, Helleborus, Ranunculus Pæonia*, *Nigella*, *Caltha*, *Trollius*, *Anemone*, *Delphinium*, *Eranthis*, *Myosurus*) ont un noyau euréticulé ou réticulé; nous n'avons trouvé de noyaux pauvres en chromatine que chez *Coptis* et *Isopyrum*, où l'on observe un réseau léger mais bien visible, porteur de chromocentres, et chez *Thalictrum* et *Aquilegia*, que l'on peut considérer comme intermédiaires entre les noyaux semi-réticulés et aréticulés dont les rapprochent leur réseau à peine marqué, et même douteux (surtout chez *Aquilegia*) et leurs chromocentres punctiformes.

La coexistence de plusieurs types caryologiques dans une même famille a été maintes fois constatée. Souvent on rencontre un type nucléaire *principal*, c'est-à-dire répandu chez un grand nombre d'espèces (type euchromocentrique chez les Crucifères, les Cucurbitacées, réticulé chez les Renonculacées etc.), et chez quelques autres espèces des organisations caryologiques diverses, pouvant être très différentes du type principal, mais parfois réunies à lui par toute une série d'intermédiaires. Parmi les familles de Dicotylédones, où le noyau quiescent présente des structures variées, en passant graduellement de l'une à l'autre, nous citerons les Légumineuses, objet d'une précédente étude ([4]); les Composées, où, à côté de types euréticulés (*Crepis*) et réticulés (*Helianthus*, *Chrysanthemum*), on trouve des noyaux à réseau irrégulièrement réparti formant des chromocentres composés (*Centaurea*, *Senecio*), et d'autres où le réseau s'atténue dans toute une série de noyaux semi-réticulés à chromocentres variables (*Lactuca*, *Echinops*, *Calendula*, *Picris* etc.). Des observations analogues ont été faites par

---

([3]) *Ibid.*, **215**, 1942, pp. 67-69.
([4]) *Rev. Cytolog. et Cytophys.*, **4**, 1940, p. 183.

Mlle Jouvenel-Marcillac chez les Papavéracées, où l'on observe des noyaux à réseaux de densités différentes formant toute une gamme depuis l'organisation réticulée normale jusqu'à des organisations chromocentriques presque sans réseau.

L'examen de la répartition des structures nucléaires à travers les Dicotylédones permet encore de remarquer la prédominance des structures nucléaires pauvres en chromatine chez les espèces ligneuses. En considérant l'ensemble des arbres, arbustes, que nous avons étudiés, nous avons trouvé 87 % d'espèces présentant des noyaux aréticulés ou semi-réticulés, c'est-à-dire pauvres en chromatine; le même calcul fait pour des espèces herbacées nous a donné 70 % pour l'ensemble de ces deux catégories de structures nucléaires. D'après les observations faites jusqu'ici et sous toute réserve, évidemment, des résultats que pourraient apporter des recherches ultérieures plus étendues, nous pouvons néanmoins remarquer la très grande rareté en organisations nucléaires riches en chromatine, chez les plantes ligneuses. Nous n'avons observé de noyaux euréticulés que chez *Sambucus nigra* et *S. glauca*, et d'autre part les noyaux réticulés sont aussi relativement rares (*Phyllirea*, *Citrus*, *Illicium*, *Sophora*, *Berberis* et *Mahonia*). Par contre les noyaux aréticulés et semi-réticulés, toujours pourvus de chromocentres en nombres variables suivant les espèces, sont très répandus. Tout d'abord, dans l'ensemble des Apétales, dans les genres *Salix*, *Populus*, *Morus*, *Ficus*, on observe des noyaux aréticulés, tandis que, dans les genres *Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Celtis*, il existe un léger réseau, qui prend une importance plus grande chez *Carpinus*. Chez les Dialypétales et les Gamopétales ligneuses, on peut faire des remarques analogues : noyaux aréticulés euchromocentriques ou se rattachant plus ou moins à ce type, chez *Calycanthus*, *Acer*, les Sapindacées (*Koebreuteria*, *Cardiospermum*, *Xanthoceras*), *Vitis*, *Aristotela*, *Punica* etc., et semi-réticulés chez *Magnolia*, *Menispermum*, *Liriodendron*, *Prunus*, *Pirus*, *Æsculus*, *Tilia*, *Diospyros*, *Paulownia* etc.

Par cette pauvreté en chromatine, les Dicotylédones ligneuses diffèrent nettement des Gymnospermes, groupe ligneux par excellence, dont le noyau, très fortement colorable, est porteur de chromocentres et dont les chromosomes volumineux sont bien connus.

HÉMATOLOGIE. — *Étude comparée des formules empiriques concernant l'action des substances inhibitrices sur la coagulation sanguine*. Note [1] de M. IVAN BERTRAND et Mlle DENISE QUIVY, présentée par M. Léon Binet.

Ne pouvant envisager simultanément les multiples facteurs qui interviennent dans la coagulation sanguine, on est forcé de se limiter, dans un même groupe d'expériences, à l'étude d'un ou de deux éléments, tous les autres restant

[1] Séance du 3 juillet 1944.

invariants. Cette discipline, également suivie pour les anticoagulants, a conduit à des expériences multiples et fourni de nombreuses données numériques. Pour en extraire l'essentiel, différents auteurs ont adopté des formules empiriques. Nous nous sommes proposé d'étudier leur valeur pratique, et de rechercher dans quelle mesure elles expriment les résultats fournis par l'expérience.

I. Dans l'équation proposée par A. Fischer et H. Schmitz en 1932 [2]

$$\log z_1 - \log z_2 = k_2(c_1 - c_2), \quad (1)$$

z_1 et z_2 sont les temps de coagulation correspondant à des concentrations c_1 et c_2 d'héparine; la constante k_2 dépend des conditions expérimentales.

T. Astrup, dans un premier Mémoire [3], utilise avec succès la formule de Fischer-Schmitz. Avec la majorité des inhibiteurs, exception faite de petites irrégularités à l'origine des courbes, les diagrammes sont linéaires; seuls la germanine, le bleu trypan et le sulfate de cadmium donnent des tracés curvilignes. Astrup explique ces particularités par l'existence de complexes stables (germanine) ou instables (héparine).

T. et I. Astrup cependant, dans un second Mémoire [4], admettent que le bleu trypan, comme l'héparine et la plupart des inhibiteurs, donne lieu à la formation de complexes dissociables, le groupe des composés stables n'étant plus représenté que par le sulfate de cadmium et la germanine.

Vérifiant la formule de Fischer-Schmitz avec plusieurs anticoagulants : héparine, liquoïd, bleu trypan, chlorazol fast pink, germanine ou moranyl, sulfate de cadmium, nous avons obtenu, à l'exception de minimes irrégularités initiales, des courbes d'inhibition parfaitement linéaires, pour un *registre très étendu des concentrations*. Dans de rares cas cependant, avec certains plasmas, les fortes doses d'inhibiteur fournissent une branche parabolique.

II. La formule dite de Fischer [5]

$$\frac{1}{t} = kc^a \quad (2)$$

ne concerne pas en principe les anticoagulants; elle exprime les temps de coagulation t en fonction des concentrations c de thrombokinase, k et a étant des constantes en rapport avec les conditions expérimentales. Par un artifice analytique, T. et I. Astrup l'ont cependant appliquée aux inhibiteurs, en la

---

(2) *Z. physiol. Chem.*, **210**, 1932, p. 129.

(3) *Enzymologia*, **5**, 1938-1939, p. 12.

(4) *Enzymologia*, **6**, 1939, p. 64.

(5) *Biochem. Z.*, **278**, 1935, p. 320. En réalité, la proportionnalité entre les logarithmes des temps de coagulation et les logarithmes des concentrations avait déjà été formulée par Fuld (*Hofmeister's Beitr. Chem. Phys.*, **75**, 1902, p. 428), Mills (*J. biol. Chem.*, **46**, 1921, p. 167), Kugelmass (*Arch. int. Physiol.*, **21**, 1923, p. 139) et Barratt (*J. of Physiol.*, **80**, 1934, p. 422).

présentant sous une forme un peu différente. Deux éventualités sont à envisager, suivant que l'on prend comme variable l'anticoagulant ou la thrombokinase :

a. Si l'anticoagulant seul varie, la formule se traduit par une droite tant que les complexes ne sont pas dissociables (germanine et sulfate de cadmium). Pour la majorité des inhibiteurs, héparine en tête, un tracé parabolique montre que la formule n'est pas adéquate.

b. Mais, si la quantité ajoutée d'anticoagulant est constante, la variable devenant la concentration c de thrombokinase, le diagramme est, suivant Astrup, rectiligne dans toutes les éventualités.

Personnellement, nous avons utilisé la formule initiale de Fischer pour l'étude du choc peptonique ([6]) et montré que l'accroissement brutal, et souvent considérable du coefficient exponentiel a, était caractéristique d'une décharge d'héparine. Des prélèvements de sang successifs, correspondant à des valeurs diverses d'antithrombine, ont constamment fourni des diagrammes linéaires.

En outre nos recherches sur les temps de coagulation, avec des quantités *fixes* d'inhibiteurs *in vitro*, ont parfaitement confirmé les résultats d'Astrup, sauf pour le moranyl : avec ce produit le tracé fourni par la loi de Fischer, de linéaire devient curviligne, du moins si l'on se sert de plasma citraté.

III. Plus récemment, R. G. Legler ([7]), s'appuyant sur les données expérimentales de Waldschmidt-Leitz, constate les insuffisances de la formule de Fischer et propose deux autres relations qui lui paraissent plus intéressantes ([8]).

$$t_{h_2} - t_{h_1} = k(c_{h_2} - c_{h_1})^a, \tag{3}$$

t_{h_1} et t_{h_2} étant les temps de coagulation pour des concentrations c_{h_1} et c_h d'héparine.

Si l'on prend $c_{h_1} = 0$, la formule précédente devient

$$t_h - t_0 = kc_h^a, \tag{4}$$

dans laquelle t_h représente le temps de coagulation pour une concentration c_h d'héparine, t_0 étant le temps de coagulation propre sans addition d'héparine; k et a sont des constantes.

Les vérifications que nous avons faites des équations proposées par Legler pour l'étude des anticoagulants ne nous ont rien donné de satisfaisant. Les diagrammes fournis sont extrêmement irréguliers et montrent une sorte de déhanchement; seule une portion restreinte de la courbe offre un aspect

---

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 304.

([7]) *Helv. Chim. Acta.*, **26**, 1943, pp. 1512 et 1673.

([8]) Suivant Legler, ces formules traduisent un phénomène d'adsorption, et correspondent aux conditions expérimentales de E. Waldschmidt-Leitz, P. Sadler et F. Steigenwald (*Z. physiol. Chem.*, **183**, 1929, p. 39) dont les essais sont réalisés *in vivo*.

linéaire. Nous croyons donc que ces formules doivent être abandonnées au profit des équations de Fischer et de Fischer-Schmitz, réellement très satisfaisantes, chacune dans leur domaine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'oxydation de la vitamine* C *par la quinhydrone et l'oxygène.* Note (1) de M. **Nicolas Bezssonoff** et Mlle **Hélène Leroux**, présentée par M. Maurice Javillier.

De même que la *p*-quinone (2), la quinhydrone, agitée en solution éthérée avec l'acide ascorbique en solution aqueuse, l'oxyde équimoléculairement en acide déhydro-ascorbique : l'apparition de la forme semi-oxydée de la vitamine, sa forme S et l'action de l'oxygène sont peu notables. Pour préciser cette réaction nous la freinons en introduisant, à l'état solide, la quinhydrone, peu soluble dans l'eau. A 109^{mg} de quinhydrone sont ajoutés 5^{cm^3} d'eau, contenant 176^{mg} d'acide ascorbique et 5^{mg} d'acide citrique. La solution, remuée à l'aide d'un agitateur, est ensuite centrifugée, et le centrifugat, rincé par 1^{cm^3} d'eau, est séché et pesé. La quinhydrone dissoute est estimée réduite. Les liquides décantés sont titrés à l'iode et au bleu de méthylène. On procède à 9 épreuves de 6 minutes, 4 épreuves de 10, 15, 20, 35 minutes, 5 épreuves de 25 minutes (*n* minutes d'agitation + 5 minutes de centrifugation). Les dérivés dosables de la vitamine présents dans le milieu sont (3) : sa forme S, dosée par l'iode équimoléculairement à l'acide ascorbique, et l'acide dicétogulonique, dosé comme 2^{mol} de vitamine par l'iode et comme 4^{mol} par le bleu de méthylène. En désignant par Q la vitamine bioxydée correspondant à la quinhydrone réduite, par S le titre réel en forme S, par I et BM, respectivement, le titre trouvé à l'iode et au bleu de méthylène, les concentrations étant exprimées en % de la vitamine initiale, il vient

$$S = \frac{2I + Q - 100 - BM}{1,5};$$

S étant connu, on calcule la teneur en acides ascorbique, dicétogulonique et déhydro-ascorbique. Le total de la vitamine oxydée, calculé en forme bioxydée, égale Q quand l'oxygène n'intervient pas. Dans le cas contraire, la formule est inapplicable et nous recourons à un calcul approché, exemple : 1° trouvés

---

(1) Séance du 15 mai 1944.

(2) Ohle et Erlbach, *Ber. d. chem. Ges.*, **67**, 1934, p. 555; T. Moll et H. Wieters, *E. Merck's Jahresbericht*, **50**, 1936, p. 65.

(3) Voir N. Bezssonoff et Mme M. Woloszin, *Trav. membres Ch. Biol.*, **24**, 1942, p. 1418; N. Bezssonoff, Mme M. Woloszin et Mlle H. Leroux, *Zeits. f. Vitamin-forsch.*, **13**, 1943, p. 37.

$100 > I > BM$, admis acide dicétogul. $= 0$, d'où $S \geqq I - BM$; 2° trouvés $100 > BI.M > I$, admis $S = 0$, d'où acide dicétogul. $\geqq (BM - I)/2$. La teneur en formes oxydées qu'indique le calcul approché est toujours inférieure ou égale à la teneur réelle; l'action de l'oxygène mise ainsi en évidence ne saurait donc être exagérée. Cette action se manifeste constamment au cours des 9 épreuves de 6 minutes. Dans le cas d'épreuves plus longues, elle apparaît souvent nulle et les résultats deviennent exactement calculables. Voici ces résultats :

Concentr. initiale, ac. ascorb. 200; *quinhydr.* 100 mol/l.

Durée des épreuves.	Trouvé (mg mol/l). Titre en vitamine C. I.	BM.	Quinhydr. réduite.	Calculé (mg mol/l). Acide ascorb.	Forme S.	Acide déhydro-ascorb.	Acide dicéto-gulon.	Vitamine oxydée. Total.
10 minutes...	128,0	126,0	75,0	123,3	3,3	72,7	0,7	75,0
	142,0	130,0	76,0	114,0	20,0	62,0	4,0	76,0
15 » ...	130,0	114,0	86,0	103,4	21,3	72,6	2,7	86,0
25 » ...	117,8	107,2	96,3	95,4	16,5	85,15	2,95	96,35
35 » ...	108,6	112,0	99,0	99,6	2,8	94,5	3,1	99,0
	110,0	101,0	99,0	95,0	12,0	91,5	1,5	99,0

Les résultats de toutes les expériences énumérées précédemment, calculés aussi bien exactement qu'approximativement, peuvent être résumés de la façon suivante :

En % de l'acide ascorbique initial.

Durée totale des épreuves.	Vitamine oxydée A. totale. Moyenne.	Valeurs extrêmes.	B. par la quinhydrone. Moyenne.	Valeurs extrêmes.	par l'oxygène. A — B.
6 minutes.........	38	32–80	24	22–27	14
10 »	46	38–65	37	36–38	9
15 »	49	43–54	43	43–44	6
20 »	53	51–63	46	46–47	7
25 »	54	48–69	48	48–49	6
35 »	55	50–64	50	50	5

En faisant réagir la quinhydrone avec la vitamine en atmosphère de gaz carbonique, nous constatons néanmoins l'action de l'oxygène. L'expérience de contrôle, faite en introduisant la *p*-quinone solubilisée et un excès d'hydroquinol, montre une fixation importante d'oxygène et une production massive de forme S, pendant les 20 secondes nécessaires à la mise en train des dosages. Les résultats de ces deux expériences figurent dans le tableau ci-après :

En % de l'acide ascorbique initial (moyenne de 4 épreuves par série).

Durée totale de l'épreuve.		Acide ascorb.	Forme S.	Acide déhydro-ascorb.	Acide dicéto-gulon.	Vitamine oxydée. Total.	Vit. C oxydée par Quinone.	Vit. C oxydée par O^2.
Mélange réagissant (mg), ac. ascorb., 176; quinhydrone, 109.								
20 min	atm. CO^2..	36,9	30,2	30,0	2,9	48,0	36,6	11,4
Mélange réagissant (mg), ac. ascorb., 17,6; *p*-quinone, 0,45; hydroquinol, 80.								
20 sec	air...	54,5	42,0	0,8	2,8	24,5	4,1	20,4

Conclusions. — De même que le cuivre ionisé introduit en excès ([3]), le système (*p*-quinone-hydroquinol) commence par catalyser l'oxydation de la vitamine C par l'oxygène; la réduction du catalyseur masque ensuite son effet catalytique initial. Comme dans le cas du cuivre, l'oxydation de l'acide ascorbique par la (quinone-hydroquinol) doit débuter par l'apparition de la forme semi-oxydée (forme S) de la vitamine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action combinée d'acides aminés et d'ions métalliques sur la phosphatase alcaline de l'intestin* (*phosphomonoestérase*). Note ([1]) de MM. **Jean Roche**, **Nguyen-van Thoai** et Mlle **Madeleine Roger**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'activation de la phosphatase alcaline par les acides α-aminés, très faible dans les macérations d'os, de rein ou d'intestin autolysés ([2]), est considérable (jusqu'à 1300 %) dans les préparations d'enzymes purifiés ([3]). L'action de ces corps serait, pour Bodensky, indépendante de celle de l'ion Mg^{++}, dont les effets favorables s'exercent identiquement en leur absence ou en leur présence; elle se réduirait à une *protection* de l'enzyme contre sa destruction spontanée. Cette explication est pour le moins insuffisante. En effet E. Hove, C. A. Elvehjem et E. B. Hart ([4]) ont constaté que l'ion Zn^{++}, inhibiteur de la phosphatase en l'absence d'acides aminés, augmente le pouvoir activateur de ceux-ci dans les extraits intestinaux soumis à une brève dialyse. Aussi peut-on se demander dans quelle mesure l'action des acides aminés est la manifestation d'un effet anti-inhibiteur ou traduit une activation réelle, accrue par le couplage de ces corps et de certains ions. Des expériences antérieures nous ayant permis de préciser l'activité de Ca^{++}, Fe^{++}, Mg^{++}, Mn^{++} et Zn^{++} sur la phos-

([1]) Séance du 15 mai 1944.

([2]) O. Bodansky, *Journ. of biol. Chem.*, 114, 1936, pp. 273-288; 115, 1936, pp. 101-110.

([3]) J. Roche, Nguyen-van Thoai et M. Roger, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 26, 1944 (sous presse).

([4]) *Journ. of biol. Chem.*, 134, 1940, pp. 425-442.

phatase alcaline débarrassée des métaux dissociables que renferment ses préparations ([5]), nous avons recherché si ces ions sont ou non susceptibles de présenter une action synergique de celle des acides aminés.

La phosphatase a été extraite de la muqueuse intestinale fraîche (Chien) par macération d'une heure dans de l'eau distillée; elle a été ensuite dialysée pendant 20 jours contre des solutions de corps susceptibles de former des complexes avec divers métaux (cyanure de potassium M/500 + diéthyldithiocarbamate de sodium *m*/1000) de pH 6,0, puis 10 jours contre de l'eau bidistillée, toutes les manipulations étant conduites dans des milieux saturés de chloroforme. Au cours de ces opérations l'activité enzymatique augmente d'abord en quelques jours, puis diminue et tend progressivement à devenir nulle. Lorsqu'elle ne correspond plus qu'à 5 % environ du pouvoir phosphatasique initial, on fait agir l'enzyme sur du β-glycérophosphate de sodium dans des conditions standardisées ([6]), en la présence ou en l'absence d'acides aminés d'une part, de divers sels métalliques ionisables [$(CH^3-COO)^2Ca$, SO^4Fe, SO^4Mg, SO^4Mn, SO^4Zn] d'autre part, chacun de ces corps étant mis en œuvre à une concentration voisine de celle à laquelle il manifeste isolément son activité maxima.

Une partie des résultats obtenus, exprimés en gammas de phosphore libérés en 1 heure dans chaque essai, a été rassemblée ci-dessous.

Action couplée d'acides aminés (*l*-alanine, acide *l*-aspartique, *l*-cystéine) *et des ions* Ca^{++}, Fe^{++}, Mg^{++}, Mn^{++} et Zn^{++} *sur la phosphatase alcaline de l'intestin à* pH 9,0 *et à* 37°.

Ion métallique ajouté.	Néant.	Acide aminé ajouté *l*-alanine (1.10^{-2}M).	*l*-aspartique (1.10^{-2}M).
Néant (témoin)	82	965	900
Ca^{++}[$(CH^3-COO)Ca$, 1.10^{-3}M]	96	900	930
Fe^{++}(SO^4Fe, 1.10^{-5}M)	80	880	870
Mg^{++}(SO^4Mg, 1.10^{-3}M)	174	1480	1150
Mn^{++}(SO^4Mn, 1.10^{-3}M)	104	380	350
Zn^{++}(SO^4Zn, 1.10^{-5}M)	58	960	770
	Néant.	*l*-alanine (2.10^{-3}M)	*l*-cystéine(1.10^{-4}M).
Néant (témoin)	54	540	1010
Mg^{++}(SO^4Mg, 1.10^{-3}M)	88	800	1230
Zn^{++}(SO^4Zn, 1.10^{-4}M)	60	590	730
$Mg^{++} + Zn^{++}$ (même conc.)	74	800	1010

Nos observations peuvent être ainsi résumées :

1° Les acides aminés exercent une très forte activation sur la phosphatase

([5]) J. Roche et Nguyen-van Thoai, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 25, 1943, pp. 1365-1373.

([6]) Les milieux d'hydrolyse sont constitués par : solution enzymatique, $0^{cm^3},5$; solution M/10 de β-glycérophosphate de sodium, 2^{cm^3}; solution tampon de Michaëlis au véronal sodique de pH 9, $0^{cm^3},4$; solutions de sels métalliques et d'acides aminés, de 0,5 à 2^{cm^3}; eau bidistillée, q. s. p. 10^{cm^3}. Toutes les solutions ont été préparées avec de l'eau bidistillée

alcaline dans les conditions où nous nous sommes placés, les ions Mg^{++}, et, à un degré moindre Ca^{++} et Mn^{++}, étant alors par eux-mêmes activateurs, Zn^{++} inhibiteur et Fe^{++} inefficace. La *l*-cystéine est l'acide aminé le plus actif à cet égard, mais, comme la *l*-alanine, l'acide *l*-aspartique, la *l*-lysine, la glycylglycine, la cycloglycylglycine, la *dl*-alanylglycine et la *dl*-leucylglycine sont doués de la même propriété, celle-ci paraît spécifique des groupes —COOH et —(α)—NH associés ou —CONH—.

2° Alors que tous les autres ions étudiés diminuent l'action des acides aminés ou ne la modifient pas, Mg^{++} la renforce plus que ne permet de le prévoir son efficacité propre en l'absence de coactivateur. Aussi peut-on hypothétiquement considérer le magnésium comme le constituant minéral de la phosphatase alcaline de l'intestin.

3° Les faits établis sont défavorables à l'opinion de Cloetens, selon laquelle le pouvoir phosphoestérasique de l'enzyme serait lié à la présence simultanée de zinc et de magnésium dans celui-ci. Quant aux observations faites par Hove, Elvehjem et Hart sur l'action combinée de Zn et d'acides aminés, elles ne peuvent être répétées qu'à l'aide de préparations phosphatasiques très impures; elles ne traduisent, de ce fait, aucun caractère fondamental de l'enzyme.

A 15h25m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1944.

PRESIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Maurain**, en remettant à M. **Gabriel Bertrand** la Médaille Lavoisier qui lui est offerte par l'Académie, s'exprime en ces termes :

Mon cher Confrère,

Le règlement des Fondations de l'Académie dit que la médaille Lavoisier sera décernée, par l'Académie tout entière, aux époques que son Bureau jugera opportunes, à des savants qui auront rendu à la Chimie des services éminents.

Vous avez organisé, au Palais de la Découverte, pour célébrer le deuxième Centenaire de la naissance de Lavoisier, une très belle Exposition, dans laquelle les découvertes de cet homme de génie étaient admirablement évoquées; vous avez donné à cette œuvre tous vos soins et tout votre cœur.

Le Bureau de l'Académie a pensé qu'il y avait là une occasion de décerner une médaille Lavoisier à un grand chimiste, qui remplit de manière magnifique la condition d'avoir rendu à la Chimie des services éminents : qu'il me suffise de rappeler la découverte des oxydases et ses multiples conséquences, la démonstration du rôle du manganèse dans les phénomènes diastasiques et de l'importance de sa présence dans les organismes vivants, la manifestation de l'existence chez les plantes et les animaux de nombreux métaux et métalloïdes, qui, quoiqu'en quantités minimes, ont une action profonde ou même nécessaire, vos recherches sur la composition immédiate des tissus végétaux, sur les venins dont vous avez montré l'analogie avec des toxines. Vos travaux ont joué un rôle de premier plan dans l'évolution de la Chimie biologique et ont eu d'autre part de larges applications pratiques.

C'est unanimement que l'Académie, en reconnaissance de votre œuvre, vous a décerné cette médaille à l'effigie du chimiste illustre à la mémoire de qui vous avez rendu un si bel et si fervent hommage. C'est pour moi un grand honneur, et un grand plaisir, que de vous la remettre au nom de l'Académie.

M. **Gabriel Bertrand** remercie l'Académie dans les termes suivants :

Cher Président et chers Confrères,

Lorsque j'ai appris que, durant le Comité secret du 18 février, vous m'aviez attribué par acclamation la médaille Lavoisier, j'en ai éprouvé une grande surprise et une vive émotion : une grande surprise, parce qu'ignorant tout de cette rare manifestation académique, je ne pouvais m'attendre à en être le bénéficiaire; une vive émotion parce que j'y ai rencontré à la fois un témoignage de sympathie qui m'est très cher, et une marque d'approbation de mes travaux scientifiques qui est pour moi d'un grand prix. Certes il n'est pas nécessaire d'avoir conquis l'agrément de tous ses contemporains pour continuer des recherches que l'on croit intéressantes, mais il est réconfortant d'avoir gagné l'opinion de quelques-uns parmi les plus compétents pour sentir que l'on est sur la bonne voie. Encouragé par votre appui, j'espère atteindre encore quelques résultats dignes de retenir votre attention et de mériter de votre savante critique un jugement favorable.

Je suis très touché, mon cher Président, des paroles si aimables que vous m'avez adressées et je vous en remercie cordialement. Je suis très heureux de posséder la belle médaille de Lavoisier qui vient de m'être remise et je vous en remercie d'autant plus vivement, mes chers Confrères, que l'or dans lequel elle a été frappée, le métal que les alchimistes considéraient comme parvenu au plus haut degré de la perfection, symbolise au mieux les qualités exceptionnelles du grand citoyen et du grand savant pour lequel grandit tous les jours davantage mon admiration.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale** adresse ampliation des arrêtés, en date du 13 juillet 1944, portant approbation des élections que l'Académie a faites de M. **Pierre Jolibois** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par la mort de M. *Auguste Béhal,* et de M. **Robert Courrier** pour occuper, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, la place vacante par la mort de M. *Louis Bouvier.*

Il est donné lecture de ces arrêtés.

Sur l'invitation de M. le Président, MM. **Pierre Jolibois** et **Robert Courrier** prennent place parmi leurs Confrères.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Zoologie des Reptiles et Poissons du Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Léon Bertin* obtient 31 suffrages contre 5 à M. *Paul Chabanaud*; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne M. *Paul Chabanaud* obtient 31 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Léon Bertin**.
En seconde ligne .... M. **Paul Chabanaud**.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la déformation infiniment petite et sur des congruences qui s'y rattachent.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

I. Soient $Oxyz$ un trièdre trirectangle de référence, (S) et (S_1) deux surfaces, lieux des points $P(x, y, z)$ et $P_1(x_1, y_1, z_1)$, se correspondant avec orthogonalité des éléments linéaires. Les surfaces (S') et (S'_1), lieux des points $P'(x, y_1, z)$ et $P'_1(x, y, z_1)$, se correspondent de la même manière. Nous supposons que (S), (S_1), (S'), (S'_1) ne sont pas développables.

Soient γ, γ'_1, γ', γ_1 les cosinus des angles de Oz et de demi-normales à (S), (S'_1), (S'), (S_1) en P, P'_1, P' et P_1; $\mathcal{C}$ la congruence rectiligne qu'on obtient en menant par le point $(0, 0, -1)$ une parallèle à la normale à (S'_1) en P'_1 et, par le point où cette parallèle perce le plan xOy, une parallèle à la normale à (S) en P; $\mathcal{C}'_1$ la congruence qu'on obtient d'une manière semblable en intervertissant les rôles de (S'_1) et de (S); $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}_1$ les congruences analogues relatives à (S') et (S_1), les droites de $\mathcal{C}'$ étant parallèles aux normales de (S') et les droites de $\mathcal{C}_1$, parallèles aux normales de (S_1). Nous désignerons par les notations de Darboux [1] les *douze surfaces* correspondant à (S) et (S_1) (et les comprenant) et par les mêmes notations, mais affectées d'un accent, les *douze surfaces* correspondant à (S') et (S'_1) (et les comprenant). Nous appellerons $\mathcal{E}$ l'ensemble des douze premières surfaces et $\mathcal{E}'$ l'ensemble des douze autres. Enfin, C_A, C_{A_1}, $C_{A'}$, $C_{A'_1}$ représenteront les courbures totales de (A), (A_1), (A'), (A'_1) aux points correspondant à P. On démontre, en particulier, les propositions suivantes :

1° Les lignes asymptotiques se correspondent sur (S) et (S'), et il en est de même pour (S_1) et (S'_1).

2° Les lignes asymptotiques se correspondent sur (A), (A_1), (A_2), (A_3), (A'), (A'_1), (A'_2), (A'_3).

3° Considérons l'un [2] des tableaux résumant des résultats de Darboux.

---

[1] *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 4, nouveau tirage, pp. 48 à 72.

[2] *Op. cit.*, 4, nouveau tirage, tableau de la page 72.

Les douze surfaces de $\mathcal{S}'$ se répartissent comme celles de $\mathcal{S}$ entre les trois compartiments de chaque ligne ou colonne de ce tableau : on doit écrire, dans chaque compartiment, les surfaces de $\mathcal{S}'$ correspondant à celles de $\mathcal{S}$ qui y figurent déjà, c'est-à-dire désignées par les mêmes notations mais affectées d'un accent.

4° La transformée de (A) par une transformation de Legendre est, après rotation de $+(\pi/2)$ autour de Oz, symétrique de (A'_1) par rapport au plan xOy. Il en est de même de (A_1) et (A'), (A_2) et (A'_3), (A_3) et (A'_2).

5° Soient A_1 le point de (A_1) correspondant à P et m_1 la projection de A_1 sur xOy. Faisons tourner m_1 de $+(\pi/2)$ autour de Oz. Par le point ainsi obtenu menons une parallèle D à la normale à (A_1) en A_1. D engendre la congruence $\mathcal{C}$. Celle-ci peut donc être définie au moyen de la seule surface (A_1). Il en est de même de $\mathcal{C}'_1$, $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}'$ par rapport respectivement à (A'), (A) et (A'_1).

6° $\mathcal{C}$, $\mathcal{C}'_1$, $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}'$ sont des congruences à surface moyenne plane, le plan moyen étant xOy. Si h^2, h'^2_1, h^2_1 et h'^2 sont les carrés des cotes des points focaux, par rapport à xOy, des droites D, D'_1, D_1 et D' de ces congruences, on a

$$h^2 = -\frac{\gamma^4}{C_{A_1}},\qquad h'^2_1 = \frac{1}{h^2} = -\frac{\gamma'^4_1}{C_{A'}},\qquad h^2_1 = -\frac{\gamma^4_1}{C_A},\qquad h'^2 = \frac{1}{h^2_1} = -\frac{\gamma'^4}{C_{A'_1}}.$$

Comme (S) et (A_1) se correspondent par plans tangents parallèles, h ne dépend que de la courbure totale de (A_1) en A_1 et de l'angle de Oz et de la normale de (A_1) en A_1. Remarques analogues pour h'_1, h_1 et h' par rapport respectivement à (A'), (A) et (A'_1).

7° On obtient les intersections par xOy des développables de $\mathcal{C}$ en faisant tourner de $+(\pi/2)$ autour de Oz les projections sur xOy des asymptotiques de (A_1). Remarques analogues pour $\mathcal{C}'_1$ et (A'), $\mathcal{C}_1$ et (A), $\mathcal{C}'$ et (A'_1).

II. Supposons que (S) soit le paraboloïde de révolution $x^2+y^2+2z=0$ et (S_1) l'une quelconque des surfaces lui correspondant avec orthogonalité des éléments linéaires. On démontre que (S'_1) est la surface représentative d'une fonction harmonique. $\mathcal{C}'_1$ est alors une congruence (H) de M. Vincensini ([3]). Considérons la congruence (H) relative à la fonction harmonique z_1. Soit z_2 la fonction harmonique conjuguée de z_1 (la fonction analytique correspondante étant z_1+iz_2). Le réseau des intersections par xOy des développables de la congruence est le réseau orthogonal formé par les projections sur xOy des asymptotiques de la surface représentative de z_2. Cette dernière surface est, après rotation de $-(\pi/2)$ autour de Oz, la surface (A') du présent cas particulier.

([3]) *Bull. Soc. math.*, 2e série, 60, 1944, p. 66.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur le glissement négatif des courroies.* Note de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Henri Villat.

Il semble universellement admis que les courroies ne peuvent transmettre la vitesse d'une poulie motrice à une réceptrice qu'au prix d'un certain pourcentage de perte défini par le glissement $\Gamma = (V - V')/V$, où V est la vitesse périphérique de la poulie motrice, V celle de la poulie réceptrice, toujours inférieure à V; de sorte que Γ est essentiellement positif.

Cette opinion, conforme à la théorie des courroies infiniment minces, nous fut confirmée pour les courroies réelles d'épaisseur finie posées sur poulies de même rayon, dont nous avons longuement étudié le fonctionnement [1].

La possibilité d'un glissement négatif ne nous est apparue qu'après avoir abordé l'étude des transmissions à poulies, de rayons différents, et après avoir substitué une loi rigoureusement exacte à la loi approchée reliant le glissement Γ au glissement des brins G, que nous avions fondée partiellement sur données empiriques [2].

Cette loi exacte s'établit ainsi. Par définition

$$\Gamma = \frac{V - V'}{V} = 1 - \frac{N'R'}{NR}, \tag{1}$$

$$G = \frac{U - U'}{U}, \tag{2}$$

V et V' étant les vitesses linéaires périphériques des poulies motrice et réceptrice de rayons R et R', de vitesses angulaires $2\pi N$ et $2\pi N'$; U et U', les vitesses des brins menant et mené.

D'autre part les diverses lamelles infiniment minces, dont on peut imaginer composée la courroie, ont toutes la même vitesse U ou U', dans le brin menant ou mené, mais des vitesses proportionnelles à leur distance à l'axe de la poulie dès que la courroie adhère à celle-ci de sorte que, lorsque la courroie s'enroule sur la poulie, une seule de ses lamelles passe du brin sur la poulie sans changer de vitesse, et, si Δ et Δ' sont les distances à la poulie menante ou menée de cette *lamelle neutre*,

$$U = 2\pi N\,(R + \Delta), \tag{3}$$

$$U' = 2\pi N'(R' + \Delta'); \tag{4}$$

par suite

$$G = 1 - \frac{N'R'}{NR}\,\frac{\left(1 + \frac{\Delta'}{R'}\right)}{\left(1 + \frac{\Delta}{R}\right)}. \tag{5}$$

---

(1) Voir notamment *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 1316; *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, **72**, 1930, p. 372.

(2) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 838.

et, d'après (1),

$$\frac{1-\Gamma}{1-G} = \frac{1+\frac{R}{\Delta}}{1+\frac{\Delta'}{R'}}, \tag{6}$$

c'est-à-dire

$$\Gamma = G + \frac{1-G}{1+\frac{\Delta'}{R'}}\left(\frac{\Delta'}{R'} - \frac{\Delta}{R}\right), \tag{7}$$

d'où les conséquences suivantes :

1° Δ et Δ' étant inférieures à l'épaisseur de la courroie, on a pratiquement $\Gamma = G$ *pour toutes les courroies dont l'épaisseur est négligeable devant le rayon de la poulie.*

2° *Pour les courroies* dont l'épaisseur n'est pas négligeable, Γ n'égale G que si $\Delta/R = \Delta'/R'$, c'est-à-dire si le rayon de la poulie motrice est tel que

$$R = \frac{\Delta}{\Delta'} R'. \tag{8}$$

Or Δ/Δ', peu inférieur à 1 dans la marche à vide, décroît seulement ([3]) de 4 à 6 % quand la charge croît jusqu'à sa valeur critique au-dessus de laquelle la courroie patine. Par conséquent Γ n'égale G que pour un seul effort transmis par la poulie motrice à une réceptrice sensiblement de même rayon satisfaisant à la relation (8).

Dans le cas général de transmission à poulies franchement inégales, Γ *est supérieur ou inférieur à* G *suivant que la motrice est la grande ou la petite poulie et, dans ce dernier cas où* $R < R'$, *le glissement est négatif si*

$$\frac{\Delta}{R} - \frac{\Delta'}{R'} > G.$$

Or c'est ce qui est réalisé généralement pour la plupart des courroies dans le rampage, quelle que soit la charge, lorsque la poulie motrice est actionnée par le courant électrique.

Prenons comme exemple le cas d'une transmission dont la poulie motrice de 100^{mm} de diamètre tourne à 1500 t : min, en transmettant un effort E de 30^{kg} à une poulie réceptrice de 300^{mm} de diamètre par une courroie de cuir de 5^{mm} d'épaisseur et 80^{mm} de largeur, tendue à 50^{kg} par brin.

Dans ces conditions $G = 0{,}005$, $2R = 100^{mm}$, $2R' = 300$; si la courroie est posée chair sur poulie ([3]), on a sensiblement, $\Delta' = \Delta = 1^{mm},7$,

$$\frac{\Delta'}{R'} - \frac{\Delta}{R} = -0{,}0226,$$

$$\Gamma = -0{,}017,$$

si la courroie est posée fleur sur poulie, $\Delta = 3^{mm},5$,

$$\Gamma = -0{,}041.$$

([3]) *Op. cit.*, 1929, p. 651.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Influence de la température extérieure sur le débit d'une conduite de gaz en régime permanent.* Note de M. **Adrien Mondièz**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans l'hypothèse de l'écoulement par filets, dit aussi par tranches, les équations du problème sont, pour une conduite circulaire de diamètre D,

$$\frac{\pi D^2}{4}\frac{v}{V} = M, \tag{1}$$

$$d\frac{v^2}{2} + V\,dp + dT_f = 0, \tag{2}$$

$$dQ + A\,dT_f = dU + Ap\,dV \tag{3}$$

avec

$$dQ = \frac{\pi q D(\Theta - T)\,dl}{M} \quad \text{et} \quad dT_f = \frac{\zeta}{D}\frac{v^2}{2}dl, \tag{4}$$

où v est la vitesse dans une section quelconque, V le volume spécifique, M le débit en masse, p la pression, dT_f la perte de charge due au frottement (la seule que nous considérerons) sur le parcours dl, dQ la chaleur reçue de l'extérieur et sur ce même parcours par l'unité de masse du fluide, A l'inverse de l'équivalent mécanique de la calorie, dU la variation en unités de chaleur de l'énergie interne de l'unité de masse sur le même parcours dl, q le coefficient de transmission de la chaleur à travers la conduite, ζ le coefficient caractérisant le frottement, T la température absolue intérieure dans une section quelconque, Θ la température absolue extérieure, maintenue constante tout le long de la conduite pendant tout l'écoulement.

q et ζ variant très lentement avec v et T peuvent être considérés comme constants. En outre, si le gaz est permanent, on peut lui appliquer les lois des gaz parfaits

$$pV = RT \quad \text{et} \quad dU = c\,dT, \tag{5}$$

où c est la chaleur spécifique à volume constant.

Des égalités précédentes on peut tirer

$$M^2 = \frac{\displaystyle\int_{p_1}^{p_0}\frac{dp}{V}}{\dfrac{16}{\pi^2 D^4}\,L\dfrac{V_1}{V_0} + \dfrac{8\zeta l}{\pi^2 D^5}}, \tag{6}$$

où p_0 et p_1 sont les pressions initiale et finale, V_0 et V_1 les valeurs initiale et finale de V;

$$\frac{dV}{dp} = -\frac{\dfrac{\pi^3 D^6 q(R\Theta - pV)}{8\zeta M^3} + CV^2}{\dfrac{2\pi q D^2(R\Theta - pV)}{\zeta M} + \dfrac{16ARM^2V^2}{\pi^2 D^4} + CpV}, \tag{7}$$

où C est la chaleur spécifique à pression constante.

Soient deux conduites identiques, ayant mêmes p_0, V_0, p_1, mais pour lesquelles la température extérieure est respectivement égale à Θ et à $\Theta + d\Theta$ avec $d\Theta > 0$. Raisonnant par l'absurde, supposons que M puisse avoir la même valeur dans ces deux conduites. Faisant alors dans (7) $p = p_0$ et $V = V_0$, calculons pour ces valeurs $d/d\Theta\,(dV/dp)_0$. Nous trouvons une fraction dont le numérateur, seul susceptible de changer de signe, peut s'écrire

$$\frac{2\pi q D^2 V_0^2 Rc(v_0^2 - v_0^{s2})}{\zeta M^2 v_0^2},$$

où v_0 est la vitesse à l'origine des deux conduites et v_0^s la vitesse du son dans la même section origine. D'où deux cas à examiner, en supposant qu'il s'agit d'une conduite de transport pour laquelle on a $dn < 0$.

1° *La vitesse tout le long de la conduite est inférieure à celle du son.* — $(dV/dp)_0$ à l'origine, est alors plus petit pour $\Theta + d\Theta$ que pour Θ et la courbe $V(p, \Theta + d\Theta)$, suivie dans le sens des pressions décroissantes, reste au-dessus de $V(p, \Theta)$ car, s'il y avait rencontre, le raisonnement précédent, répété pour ce point, montrerait que la vitesse correspondante du gaz serait supérieure à celle du son, ce qui serait contraire à l'hypothèse. Le second membre de (6) est donc plus petit pour $\Theta + d\Theta$ que pour Θ et cette égalité n'est plus satisfaite. L'étude de (6) et (7) montre alors que, pour rétablir (6), il faut diminuer M.

2° *La vitesse tout le long de la conduite est supérieure à celle du son.* — Les conclusions précédentes sont inversées et M est plus grand pour $\Theta + d\Theta$ que pour Θ.

CONCLUSION. — Lorsque la température extérieure subit un changement, le débit de la conduite subit un changement de sens contraire si la vitesse tout le long est inférieure à celle du son, et un changement de même sens si la vitesse tout le long est supérieure à celle du son.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Dépôt, sur un obstacle, de particules en suspension dans un courant fluide.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons établi [1] l'équation générale du mouvement d'un corpuscule en suspension dans un courant fluide en un point M situé au voisinage d'un obstacle. Si l'écoulement est plan et si le fluide est un gaz, cette équation nous permet, par l'intermédiaire d'une méthode graphique approchée [2], de tracer les trajectoires des corpuscules et de connaître ainsi toutes les particularités de l'écoulement.

I. L'application de cette méthode graphique vient d'être faite à des écoulements, autour d'un cylindre circulaire de diamètre D, d'aérosols contenant

---

(1) E. Brun, G. Fasso et M. Vasseur, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 34.

(2) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 636.

des corpuscules sphériques identiques, de diamètre d. De simples considérations de similitude montrent que, dans le cas actuel d'une masse spécifique ρ' du fluide faible devant la masse spécifique ρ des corpuscules, les nombres sans dimensions qui caractérisent l'écoulement se réduisent à deux : le nombre $\rho' D/\rho d$ et le nombre de Reynolds se rapportant au déplacement relatif des corpuscules dans le fluide $U_0 d/\nu$ (U_0, vitesse loin de l'obstacle; ν, viscosité cinématique du fluide). Le tracé des trajectoires pour diverses valeurs de ces deux paramètres a permis de déterminer, en particulier, l'influence, sur le *coefficient de captation* γ et sur l'*angle de captation* φ (ou angle au centre de l'arc sur lequel les corpuscules rencontrent le cylindre), des divers facteurs qui conditionnent l'écoulement.

Les figures 1 et 2 donnent, pour divers nombres de Reynolds, les variations

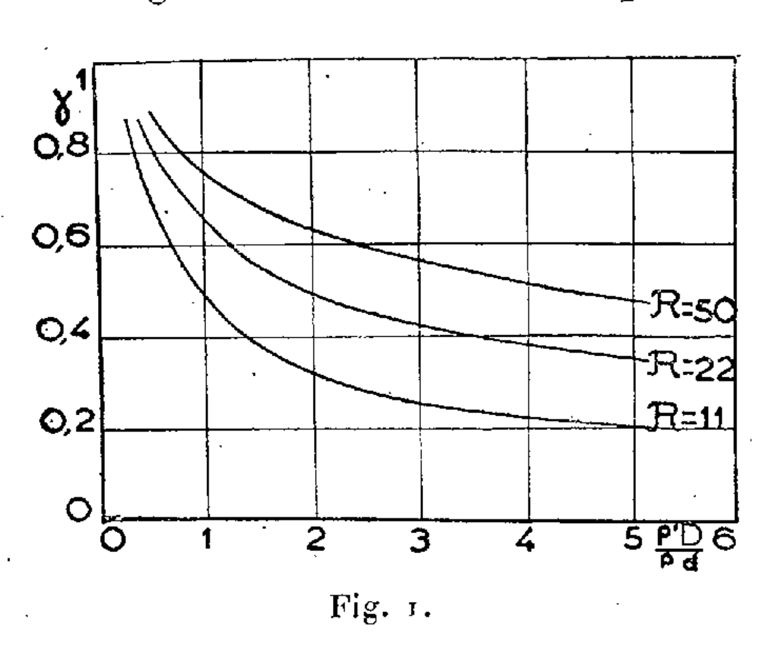


Fig. 1.

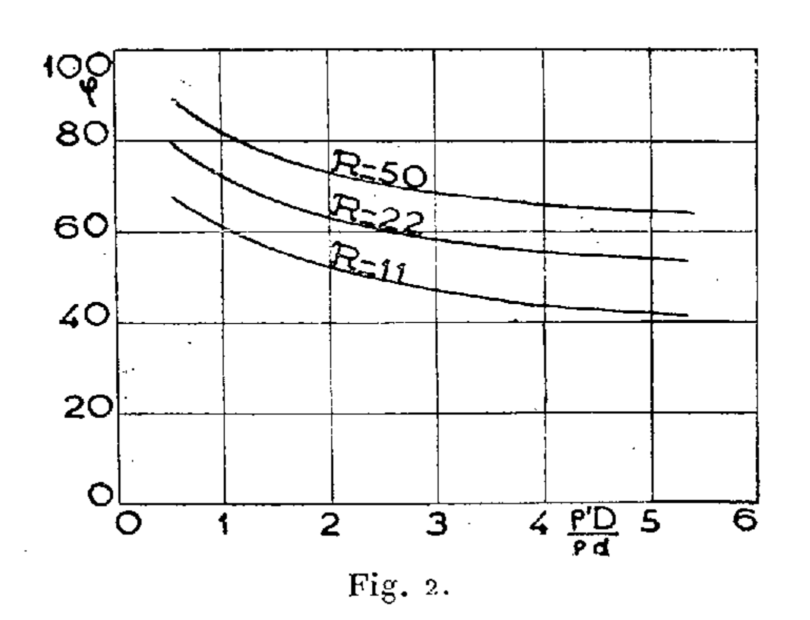


Fig. 2.

respectives du coefficient γ et de l'angle φ en fonction du nombre $\rho' D/\rho d$. Ainsi, s'il s'agit d'un courant d'air, dans les conditions normales, contenant en suspension des gouttelettes d'eau de 8 microns de diamètre et animé au loin d'une vitesse de 80 m : s, le coefficient γ et l'angle φ sont, pour un cylindre circulaire de 2,5 cm de diamètre, respectivement égaux à 0,51 et 67 Gr ($U_0 d/\nu = 50$; $\rho' D/\rho d = 4$). On retrouve, sur le graphique, les particularités déjà obtenues par des considérations dimensionnelles. En outre, on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, *le coefficient de captation diminue quand les dimensions de l'obstacle augmentent*, ce qui implique une influence plus grande, sur ce coefficient, du diamètre d des gouttes que de la vitesse U_0.

II. Avec l'aide de MM. Caron, Demon et Fasso, nous avons déterminé expérimentalement les coefficients de captation de tubes et de fils dont les axes étaient placés perpendiculairement à un courant de brouillard naturel (vitesses comprises entre 20 et 45 m : s). Le principe de la mesure était le suivant.

Le cylindre (tube ou fil) est placé d'abord dans un courant d'air clair de vitesse U_0. Quand le cylindre est maintenu à la température θ, supérieure à la température θ_a de l'air, il cède au courant d'air, à chaque unité de temps, une quantité de chaleur Q que l'on mesure.

Quand le courant d'air clair est remplacé par un courant de brouillard

animé de la même vitesse U_0, pour maintenir le même écart de température, $\theta - \theta_a$, entre le cylindre et l'air, il faut fournir une énergie plus grande à l'intérieur du cylindre. Posons-la équivalente à la quantité de chaleur Q'.

Si la température θ est assez élevée pour que les gouttelettes arrêtées par le cylindre soient rapidement vaporisées (il n'y a alors, ni arrachement, ni ruissellement de l'eau sur le cylindre), la différence Q' — Q représente la chaleur nécessaire pour vaporiser la masse *m* d'eau qui rencontre le cylindre pendant chaque unité de temps. Ainsi la mesure de cette masse se ramène à des mesures de convection, dont il est inutile de rappeler le principe (chauffage électrique dans le cas du fil, chauffage par condensation de vapeur d'eau dans le cas du tube). Signalons simplement que, dans un brouillard moyen, la différence Q' — Q est du même ordre que Q, de sorte que les conditions expérimentales sont bonnes.

Si l'on mesure, d'autre part, la masse d'eau liquide contenue dans l'unité de volume de brouillard (3), il est facile d'en déduire la masse d'eau m_1 qui traverse, au loin, une surface normale à la vitesse et égale au maître-couple du cylindre. Le coefficient de captation γ est égal au rapport m/m_1.

Il ne faut pas rechercher une concordance précise entre les résultats obtenus par la méthode graphique et ceux que donnent les mesures. La méthode graphique raisonne sur un brouillard formé de gouttelettes identiques, tandis que le brouillard naturel sur lequel on expérimente est essentiellement complexe. Toutefois, les résultats obtenus par les deux méthodes sont assez voisins pour que l'on puisse conclure à l'utilisation, dans la pratique, de courbes telles que celles de la figure 1. Le diamètre *d* que l'on prendrait pour caractériser le brouillard naturel pourrait être celui qui correspond au maximum dans la courbe de distribution de la masse d'eau liquide en fonction du diamètre.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le mouvement et la distribution de la poudre cosmique autour d'une étoile.* Note (1) de M. **Constantin Popovici.**

I. *Distribution de la poudre cosmique. Une relation analogue à celle de J. Perrin.* — Nous avons vu (2) que, si un corps est assujetti à une attraction gravitique A, ainsi qu'à la pression de lumière P, à l'unité de distance, par un corps placé à l'origine des coordonnées, il subira l'action de la force

$$F = -\frac{A}{r^2} + \frac{P}{r^2} - \frac{P}{cr^2}\frac{dr}{dt}, \tag{1}$$

c, vitesse de la lumière. Si A = P l'équation du mouvement radial devient

$$\frac{d^2r}{dt^2} = -\frac{P}{r^2}\frac{dr}{dt}, \tag{2}$$

(3) M. Pauthenier et E. Brun, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 352.

(1) Séance du 20 mars 1944.

(2) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 784.

en prenant $c = 1$ et la masse de la particule $m = 1$, d'où

$$r' = \frac{P}{r}\left(1 - \frac{r}{R}\right), \qquad r' = \frac{dr}{dt} \tag{3}$$

et l'on voit que $r = R$ est une position d'équilibre stable.

La répulsion de la lumière, étant proportionnelle à la surface de la particule, diffère d'une particule à une autre. Ces particules s'élèvent donc à des hauteurs différentes. Posons $Z = R - r$. Nous déduisons de (3), pour deux particules de masses m et m_1, la relation

$$Z(P - rr') = Z_1(P_1 - rr'), \tag{4}$$

r et r' étant indépendantes des particules. Mais, comme $P = A$ et A est proportionnel à la masse m de la particule, il existera un facteur constant tel qu'en multipliant (4) par ce facteur nous obtenions la masse de la particule, et (4) deviendra

$$Z(m - \mu) = Z_1(m_1 - \mu). \tag{4'}$$

On est frappé de *l'analogie de cette formule avec la formule*

$$Z m = Z_1 m_1,$$

donnée par J. Perrin, qui lie, dans les atmosphères artificielles (émulsions), les masses des particules avec les hauteurs lorsque la pression atmosphérique est réduite à une fraction donnée. L'explication en est que la pression de la lumière, agissant dans la direction de l'accélération, qui est radiale, produit, dans le mouvement radial dans le *vide*, un effet analogue à la pression d'un *milieu* (principe d'Archimède). P sera le minimum de masse d'une particule pour laquelle Z devient infini. Supposons que le globe de l'étoile a un rayon a. On sait que la lumière agit comme si elle était toute concentrée au centre et proportionnelle (E. A. Milne, *Thermodynamik of the Star, Handbuch der Astrophysik*, 3, p. 73.) à a^2/r^2. Supposons qu'à la surface de l'étoile s'exerce une impulsion A (facules ou pulsations). Les particules en mouvement, de masses $m - \mu$, vont former des *petits nuages* aux hauteurs inversement proportionnelles aux différences $m - \mu$. La relation $A = P$ donne, en désignant par ρ le diamètre et par σ la densité d'une particule,

$$\frac{f}{6}\pi\rho^3\sigma = \lambda\pi\rho^2, \tag{5}$$

f et λ étant des constantes d'attraction et répulsion, ce qui donne

$$5\sigma = \frac{6\lambda}{f}.$$

Lorsque la constante des aires $C \neq 0$, la pression maxwellienne, parallèle à l'accélération, qui est radiale, ne peut pas amortir, à distance finie, la compo-

sante horizontale de la vitesse. On aura la trajectoire

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_0} e^{-\alpha(\theta-\theta_0)} \cos\sqrt{1-\alpha^2}(\theta-\theta_0) \tag{6}$$

de direction assymptotique $\theta = \pi/2\sqrt{1-\alpha^2}$ et distance $d = Z_0 e(\pi\alpha/2\sqrt{1-\alpha^2})$.

II. *Parcours libre avec absorotion de la lumière.* — Nous allons nous limiter dans cette Note à une étude qualitative; ρ et τ étant donnés suffisamment petits, on aura une région, près de la surface de l'étoile, pour laquelle $P > A$. La particule montera (même sans vitesse initiale). A cause de l'absorption, le rapport P/A décroît; la particule montante traversera la sphère d'équilibre $P = A$ dans la région $P < A$. Si la constante des aires $C = 0$ (ou C assez petit) la particule arrivera à une certaine hauteur et *retombera*. Le mouvement radial sera *oscillant* et *amorti*; la particule tendra, si $C = 0$, vers un point de la sphère d'équilibre, qui donne $P = A$, donc à une hauteur qui dépend de ρ et σ. Si $C \neq 0$, la particule décrit des sinusoïdes tout en traversant sur la sphère d'équilibre un grand cercle qu'elle finira par décrire avec C constant. Remarquons cette différence : dans l'hypothèse I, il n'y a que des particules pour lesquelles $\rho\sigma = 6\lambda/f$ et qui, se mouvant, se distribuent sur des *nuages*; de plus, si elles sont en repos y restent; dans l'hypothèse II et, nous le verrons, dans l'hypothèse III, il y a plus de particules qui, se mouvant, se distribuent suivant des *nuages*, mais ne peuvent se trouver en repos que sur leurs sphères respectives d'équilibre.

III. *Résistance du milieu et absorption de lumière. — En mouvement radial aussi les oscillations traversent la sphère d'équilibre,* mais ces sphères de hauteur plus petites. L'équation du mouvement sera

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = g - \frac{1}{q}\frac{dp}{dr}, \tag{7}$$

p la pression et q la densité de l'atmosphère [2], où

$$g = \frac{A-P}{r^2} + \frac{P}{cCr^2}\frac{dr}{dt} \quad \text{et} \quad A - P = \frac{r^2}{q}\frac{dp}{dr} \tag{8}$$

nous donne la sphère de stabilité.

Si $C \neq 0$, la résistance du milieu amortira aussi C *et la particule tendra à décrire le grand cercle sur la sphère d'équilibre en s'y établissant dans un point limite.* Dans II et III la somme des *amplitudes des oscillations est convergente.*

---

[2] Qu'on peut déduire de l'analyse spectrale et la théorie de Meg Nah Saha ou par la méthode d'Emden (E. A. MILNE, *op. cit.*, p. 185).

ÉLECTRICITÉ. — *Variation de la conductibilité électrique du cérium métallique en fonction de la température.* Note de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Plusieurs variétés allotropiques de cérium métallique ont été mises en évidence à l'aide de mesures physiques.

F. Trombe ([1]) a montré, par des mesures thermomagnétiques, l'existence, à basse température, d'une transformation du cérium.

Une étude dilatométrique de F. Trombe et de l'auteur ([2]) a défini le domaine d'existence de trois variétés α, β, γ. La variété γ, obtenue par trempe d'un produit préalablement porté à une température supérieure à 200° C. environ, donne à basse température, l'état α. Cette transformation est caractérisée par une forte contraction, supérieure à 10 % en volume, se produisant à — 164° C.; en sens inverse, le phénomène a lieu à — 98° C. Par contre le cérium, refroidi lentement à la température ordinaire, puis soumis à des cycles lents d'échauffements et de refroidissements entre 20° C. et le point d'ébullition de l'azote (— 195° C.), donne une variété β légèrement moins dense que la variété γ (0,7 %) et qui ne paraît pas pouvoir se transformer en α. Très récemment F. Trombe ([3]) a confirmé ces vues à l'aide de mesures magnétiques.

Citons enfin l'étude de conductibilité électrique de F. M. Jaeger, J. A. Bottema et R. Rosenboom ([4]) effectuée entre la température ordinaire et 550° C. Ces mesures font apparaître une variété δ au-dessus de 400° C. environ.

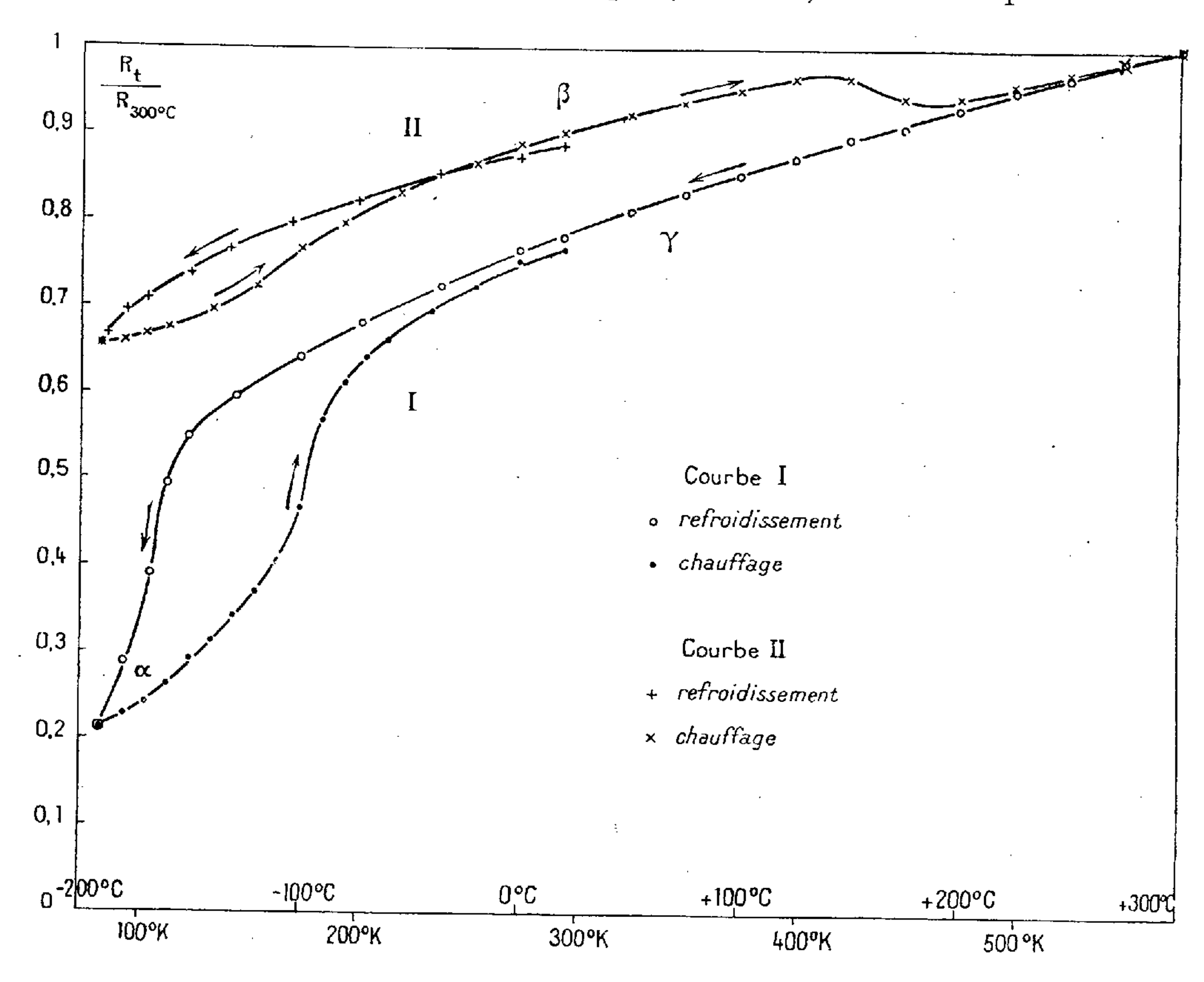
Ce travail a pour objet principal de rechercher si la très forte contraction subie par le cérium à basse température est accompagnée d'une variation importante de la conductibilité électrique.

Le cérium utilisé, de bonne pureté (99,6 %), est le même que celui qui a servi précédemment à l'étude dilatométrique ([2]). Les mesures sont effectuées sur de fines tiges cylindriques de $1^{mm},2$ de diamètre et de 100 à 150^{mm} de longueur. On mesure la différence de potentiel obtenue entre deux points de la tige, lorsque cette dernière est parcourue par un courant d'intensité connue. L'éprouvette de mesure est portée à basse température dans un cryostat parcouru par un courant d'hydrogène qui assure l'équilibre thermique de l'ensemble. Aux températures supérieures à la température ordinaire, on chauffe dans une atmosphère d'argon afin d'éviter l'hydruration du métal.

On a représenté sur la figure l'évolution, en fonction de la température, du rapport $R_t/R_{300^\circ C.}$ des résistances électriques de l'éprouvette à la température de mesure et à 300° C.

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1591.
([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 501.
([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 457.
([4]) *Rec. trav. Chim. Pays-Bas*, **57**, 1938, p. 1137.

Le métal trempé (état γ) donne, vers les basses températures, une forte augmentation de conductibilité électrique (courbe I) caractéristique de l'état α.



Cette anomalie, qui se produit à la montée à une température (— 98° C.) plus élevée qu'à la descente (— 166° C.), correspond aux anomalies dilatométriques et magnétiques déjà signalées.

La variété β par contre ne paraît pas pouvoir se transformer en α; elle ne donne en effet, à basse température, qu'une faible augmentation de conductibilité électrique (courbe II), attribuable à la présence, au sein de la variété β, de petites quantités de γ non transformées et susceptibles de donner l'état α.

Par chauffage vers 150° C., on obtient un léger accroissement de la conductibilité électrique correspondant au passage de la variété β à la variété γ, transformable à son tour en variété α selon la courbe I.

L'ensemble de cette étude montre que chaque augmentation de densité du métal, et notamment celle qui résulte de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, se traduit par une augmentation de la conductibilité électrique, augmentation qui, dans ce dernier cas, est très importante.

ÉLECTRONIQUE. — *Mobilité et nature des ions positifs dans l'argon pur.* Note de M. **Pierre Herreng**, présentée par M. Charles Fabry.

La méthode précédemment utilisée [1] pour la détermination de la vitesse de transit des électrons libres dans un gaz sous l'action d'un champ électrique uniforme, a été appliquée à la mesure de la mobilité des ions positifs dans l'argon. Cette méthode consiste essentiellement à ioniser une mince tranche de gaz, très soigneusement purifié et enfermé dans une chambre scellée, par des impulsions périodiques très brèves et très intenses de rayonnement X. On étudie à l'oscillographe cathodique, après amplification, l'allure du courant I engendré, dans le circuit de la chambre, par le déplacement des électrons et des ions sous l'action du champ. Si, à un instant donné, la chambre renferme divers groupes d'ions positifs de vitesses $v_1, v_2, \ldots, v_n$, transportant respectivement les quantités d'électricité $q_1, q_2, \ldots, q_n$ et des groupes d'ions négatifs de vitesses $v'_1, v'_2, \ldots, v'_m$ et de charges globales $q'_1, q'_2, \ldots, q'_m$, la valeur instantanée du courant I s'écrit, en désignant par e la distance des électrodes de la chambre,

$$I = \frac{1}{e}\left[\sum_{j=1}^{n} q_j v_j + \sum_{k=1}^{m} q'_k v'_k\right];$$

l'arrivée sur l'une ou l'autre des électrodes d'un des groupes d'ions aura pour effet une brusque variation de I. D'autre part tout processus de transformation progressive d'un des groupes d'ions dans un autre se traduira par une variation continue de I. La méthode est donc particulièrement bien adaptée à l'étude des modifications de structure et de mobilité subies par les ions au cours de leur vieillissement.

Les premières expériences ont porté sur de l'argon très soigneusement purifié dans lequel les ions négatifs restent à l'état d'électrons qui s'éliminent très rapidement en raison de leur vitesse de transit considérable. Le courant résiduel, dû aux ions positifs, est beaucoup plus petit que le courant initial, auquel participent les électrons. Pour pouvoir néanmoins étudier commodément ce courant, les modifications suivantes ont été apportées au montage :

1° la durée des impulsions a été portée de une à 10 microsecondes;

2° l'intensité des impulsions de rayonnement X a été augmentée de façon à ce que la tension à l'entrée de l'amplificateur reste à un niveau convenable au-dessus du bruit de fond dans le circuit d'entrée;

3° le gain de l'amplificateur a été augmenté pour obtenir, sur l'écran de l'oscillographe, des déplacements du spot permettant des mesures commodes et précises.

---

(1) P. Herreng, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1943; *Journal de Physique*, 8e série, 5, 1944, p. 63.

J'ai tout d'abord examiné si les ions positifs se répartissaient en un ou plusieurs groupes ayant des mobilités bien définies, ou s'il existait un spectre continu de répartition des vitesses. Deux groupes d'ions seront séparés si l'on peut distinguer nettement les instants où ils atteignent la cathode de la chambre. Toutefois ces groupes offrent un certain étalement dû à l'épaisseur finie de la tranche de gaz ionisée, à la durée finie de l'impulsion ionisante et surtout aux phénomènes de diffusion, qui sont d'ailleurs beaucoup moins importants que dans le cas des électrons. Une étude critique de ces diverses causes d'étalement montre que celui-ci reste inférieur au 1/30 du trajet parcouru par les ions, ceci dans les conditions les plus défavorables. Si l'on admet que deux groupes d'ions seront discernés s'ils sont séparés par une distance égale à leur étalement, on voit que le dispositif permettrait la discrimination de deux groupes d'ions dont la différence des vitesses serait égale au 1/30 de la vitesse moyenne. On peut exprimer ceci en disant que le pouvoir séparateur du montage est égal à 30. Or, pour des temps de transit compris entre 5.10^{-4} et 0,5 seconde, on n'observe aucune séparation des ions en plusieurs groupes. D'autre part le temps d'arrivée sur l'anode est tout à fait de l'ordre de grandeur de celui qu'on peut déduire des considérations relatives à l'étalement d'un groupe d'ions monocinétiques. Enfin, s'il se produisait une transformation progressive d'un groupe d'ions en un autre, on devrait observer une variation continue de l'ordonnée de la courbe $I = f(t)$. Un tel phénomène n'est apparu dans aucune de mes expériences. On peut donc conclure, comme l'avait déjà fait L. B. Loeb et N. E. Bradbury (²), ainsi que Powell et Tyndall (³), à la non-existence d'un spectre de mobilité dans les gaz rares très soigneusement purifiés.

La vitesse de transit u des ions positifs, comme celle des électrons, apparaît comme étant uniquement fonction du rapport E/p de l'intensité du champ électrique à la pression du gaz. Il est d'usage d'introduire pour les ions la mobilité ramenée aux conditions normales de température et de pression, c'est-à-dire la quantité

$$k_0 = \frac{u}{E}\,\frac{p}{760}\,\frac{T_0}{T},$$

k_0 est aussi une fonction de E/p.

Pour des valeurs de E/p ne dépassant pas 8 (E en volts : cm et p en millimètres de mercure), j'ai trouvé pour k_0 une valeur constante et égale à 2,03 cm : sec par volt : cm. Ce chiffre est supérieur de 5 % à celui donné par Munson et Tyndall (⁴). L'application de la formule théorique de M. Langevin, même en se plaçant dans le cas limite où l'influence des chocs élastiques est négligeable devant celle des attractions électrostatiques, conduit, pour des ions mono-

(²) *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 1716.
(³) *Proc. Roy. Acad.*, **129**, 1930, p. 162.
(⁴) *Proc. Roy. Acad.*, **177**, 1941, p. 187.

atomiques, à une valeur de k_0 égale à 2,55. Tyndall ([1]) interprète qualitativement cet écart en faisant intervenir les phénomènes d'échange d'un électron entre un ion et un atome neutre. L'effet statistique de ces échanges est équivalent à celui d'une augmentation du nombre de chocs entre ions et atomes, ce qui expliquerait l'observation d'une mobilité inférieure à la valeur théorique.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Sur les changements de coordonnées en électrotechnique.* Note de MM. **Jean-François Detoeuf** et **François Raymond**.

On considère un réseau polyphasé symétrique présentant $n+1$ bornes d'entrée. u_i est la tension entre la $i^{\text{ième}}$ borne et la $n+1^{\text{ième}}$, x_i est le courant qui pénètre dans le réseau par cette borne.

Les équations de fonctionnement du réseau sont

$$(1) \qquad u_i = z_i^j x_j.$$

Après avoir défini le réseau polyphasé symétrique ([1]), nous avons montré comment s'introduisent les composantes symétriques de Fortescue. Les impédances cycliques de l'électrotechnique sont les valeurs propres de la matrice (z_i^j).

On remarque aisément, les quantités considérées étant complexes, que la réduite de Jordan prend la forme diagonale précisément parce que tous les termes d'une colonne quelconque se retrouvent dans la ligne qui la coupe sur la diagonale principale.

Nous considérons ici un réseau passif, polyphasé et symétrique, et linéaire; on a donc $z_i^j = z_j^i$. On vérifie aisément que, dans ces conditions, l'équation caractéristique possède des racines doubles.

D'ailleurs, on remarque que deux vecteurs propres, orthogonaux au sens unitaire, dont les composantes sont réelles, sont également orthogonaux au sens de la géométrie euclidienne.

Dans chacune des multiplicités déterminées par les racines doubles, on pourra donc choisir deux vecteurs orthogonaux au sens unitaire, possédant des composantes réelles. La transformation correspondante conservera par suite les puissances instantanées et les puissances complexes du réseau, en rappelant que la première est le produit intérieur des vecteurs u et x, et la seconde est le produit scalaire, qu'on écrit $u_i^\star x_i$.

Parmi les transformations unitaires convenant à notre problème nous prendrons la matrice Fortescue, laquelle s'écrit dans le cas $n=3$, seul considéré pour simplifier l'écriture,

$$(2) \qquad \frac{1}{\sqrt{3}}\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \cos\alpha - j\sin\alpha & \cos\alpha + j\sin\alpha \\ 1 & \cos\alpha + j\sin\alpha & \cos\alpha - j\sin\alpha \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{vecteur } \vec{e}_1 \\ \text{vecteur } \vec{e}_2 \\ \text{vecteur } \vec{e}_3 \end{matrix} \qquad \left(\alpha = \frac{2\pi}{3}\right).$$

([1]) François Raymond, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 113.

Chaque ligne de cette matrice représente, comme on sait, les composantes d'un vecteur du nouveau système de base, dans l'ancien système de coordonnées.

L'équation séculaire possède une racine double et la multiplicité correspondante est le plan des vecteurs $\vec{e_2}$ et $\vec{e_3}$.

Remplaçons le vecteur $\vec{e_2}$ par $\vec{e_2} + j\vec{e_3}$, et le vecteur $\vec{e_3}$ par $\vec{e_2} - j\vec{e_3}$. Normalisons en divisant par $1 + j$. On obtient les deux nouveaux vecteurs

$$\begin{array}{llll} \vec{e'_2} \dots\dots\dots\dots & 1 & \cos\alpha - \sin\alpha & \cos\alpha + \sin\alpha \\ \vec{e'_3} \dots\dots\dots\dots & 1 & \cos\alpha + \sin\alpha & \cos\alpha - \sin\alpha \end{array}$$

La transformation

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \cos\alpha - \sin\alpha & \cos\alpha + \sin\alpha \\ 1 & \cos\alpha + \sin\alpha & \cos\alpha - \sin\alpha \end{pmatrix} \tag{3}$$

conserve donc les puissances instantanées et les puissances complexes.

Dans le plan de Fresnel, elle substitue aux vecteurs représentatifs des courants, ou des tensions, trois systèmes de vecteurs colinéaires.

On généralise sans peine au cas $n > 3$.

Cette Note élargit considérablement le sens physique donné, dans les traités d'électrotechnique, aux impédances cycliques d'un réseau.

MAGNÉTISME. — *Propriétés ferromagnétiques du composé défini* Fe^3Si^2. Note de M. **Charles Guillaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

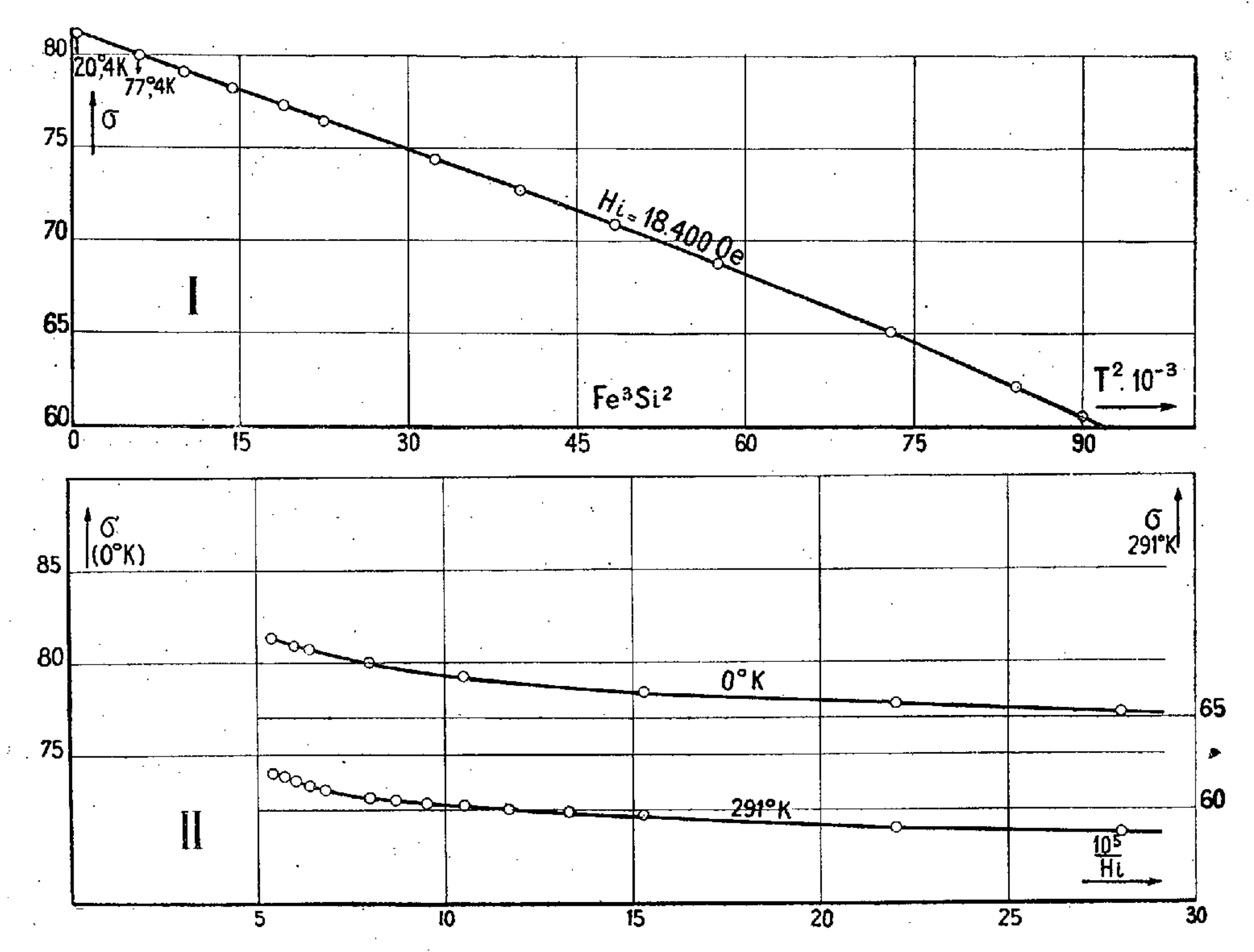
Le composé Fe^3Si^2 (1), isolé pour la première fois par nous, a été préparé dans un four haute fréquence en prenant les précautions nécessaires pour ne pas introduire d'impuretés : creuset d'alumine, atmosphère d'argon. Mais l'alliage ainsi obtenu, quoique de composition atomique Fe^3Si^2, est un mélange, non en équilibre, de deux phases ferromagnétiques et d'une phase non ferromagnétique (composé FeSi). L'une des deux phases ferromagnétiques est le composé défini Fe^3Si^2, avec un point de Curie à 91°C., l'autre phase est constituée par la limite de la solution solide α [26 % at. Si environ (2)], dont le point de Curie est à 527°C. Ce mélange, très pauvre initialement en Fe^3Si^2 (quelques pour cent), s'enrichit en ce dernier composé par un recuit au-dessous de 1025°C. Nous avons effectué les recuits à 1000°C dans un four parfaitement étanche sous pression d'argon et nous avons suivi l'enrichissement en composé Fe^3Si^2, en fonction du temps, par l'importance relative des courbes d'aimantation aux points de Curie. Après deux semaines de chauffage la

(1) F. Körber, *Z. Electrochem.*, 32, 1926, p. 371.
(2) M. Fallot, *Thèse*, Strasbourg, 1935.

formation de Fe^3Si^2 devient très lente, nous avons interrompu le recuit au bout de ce temps.

Pour isoler Fe^3Si^2, nous avons, après avoir broyé très finement l'alliage (tamis 350), effectué un premier triage magnétique à la température ordinaire afin d'éliminer FeSi, puis un deuxième triage magnétique à 120°C., entre les points de Curie des deux phases ferromagnétiques. A cette dernière température Fe^3Si^2 n'est plus ferromagnétique alors que l'impureté l'est encore. Le recuit très prolongé est nécessaire, non seulement pour l'enrichissement en Fe^3Si^2, mais aussi pour obtenir d'assez gros cristaux afin de permettre la séparation.

Propriétés magnétiques. — La figure traduit les variations de l'aimantation



spécifique σ en fonction de T^2 pour un champ intérieur H_i de 18400 Oe (courbe I); et en fonction de $1/H_i$ (courbes II) aux températures de 290°K. et 0°K.

La courbe I montre que l'aimantation spécifique varie linéairement en fonction de T^2 aux basses températures; la loi d'approche $\sigma_T = \sigma_0(1 - AT^2)$ est donc valable. Les courbes II font apparaître une loi d'approche linéaire en $1/H_i$ jusqu'à des champs de 6500 Oe. Au-dessus de cette valeur la loi hyperbolique $\sigma_H = \sigma_\infty[1 - (a/H)]$ n'est plus correcte; il se superpose à l'aimantation représentée par cette loi, une aimantation sensiblement proportionnelle au champ. Cet excès ne peut être expliqué par une aimantation paramagnétique

régulière qui serait beaucoup plus faible. Contrairement à ce qu'avaient observé P. Weiss, R. Forrer [3] et C. Sadron [4] sur le nickel et ses alliages, cette *aimantation parasite* ne disparaît pas aux très basses températures. Il est probable que des champs très élevés sont nécessaires pour saturer la substance très dure magnétiquement. Dans ces conditions les extrapolations sont difficiles, aussi nous ne donnerons les résultats qu'à $\pm 2\%$.

En faisant la moyenne des mesures effectuées sur deux échantillons analysés [5], nous trouvons, en rapportant à 100 % de Fe^3Si^2,

$$\sigma_{\infty, 0^\circ K.} = 86,5,$$

ce qui donne

$$\sigma_{at.} = 19344,8.$$

Le moment de l'atome de fer entrant dans la molécule est donc $n = 5,72 \pm 0,11\,\mu_W$ (magnétons de Weiss), ou $1,15 \pm 0,02\,\mu_B$ (magnétons de Bohr) en supposant les trois atomes de fer équivalents. Il n'est pas possible d'envisager une autre hypothèse, le système cristallin de Fe^3Si^2 étant inconnu.

PHOTOMÉTRIE. — *Photomètre enregistreur pour l'étude de la lumière zodiacale.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans le but d'établir la réalité des variations observées par J. D. Cassini, de Mairan, A. de Humboldt, F. Arago, G. Jones etc., dans l'intensité de la lumière zodiacale, oscillations niées par E. Liais, E. Heis, E. Marchand, B. Fessenkoff, il était nécessaire de réaliser des mesures quantitatives et impersonnelles. A cet effet nous avons construit, en 1935, un photomètre enregistreur adapté à ces recherches. Cet instrument utilise des cellules photoélectriques à vide élevé, sensibles au bleu ou au rouge. Le courant est amplifié par une lampe électromètre, selon le montage de L. A. Du Bridge et H. Brown [1]. La cellule, la résistance de fuite et la lampe sont enfermées dans un épais carter métallique évacué, muni d'une fenêtre transparente plane en pyrex, suspendu élastiquement dans un boîtier orientable. Le carter est blindé de μ-métal, afin de prévenir l'action du champ magnétique terrestre sur les tubes. La résistance de fuite (10^{10} ohms) est obtenue par pulvérisation cathodique d'or dans un tube scellé. Elle est invariable, impolarisable et n'a qu'un faible coefficient de température (-1%). Néanmoins le boitier est calorifugé et constitue, en outre, un thermostat électrique, afin de rendre invariables le courant d'obscurité des cellules et la résistance de fuite. Il comporte une lentille

(3) *Ann. Phys.*, **12**, 1929, p. 279.

(4) *Ann. Phys.*, **17**, 1932, p. 371.

(5) Les analyses ont été effectuées par M. Prétet.

(1) *Rev. Sc. Instr.*, **4**, 1933, p. 532.

à échelon de 30^{cm} de diamètre et de 12^{cm} de distance focale, qui projette une image de la lumière zodiacale sur la cathode sensible, dont la surface est de 70^{cm^2}.

Moyennant ces indispensables précautions, le spot du galvanomètre enregistreur trace, sans retouches, dans l'obscurité, un zéro rectiligne à quelques dixièmes de millimètre près, pendant des périodes atteignant 12 heures consécutives.

La sensibilité est de quelques divisions par millivolt, avec un galvanomètre de constante 10^{-8} ampère par millimètre. Elle est amplement suffisante et est réglée de telle sorte que le spot pénètre dans le champ d'enregistrement (étendue 10^{cm}) dès la fin du crépuscule astronomique.

L'appareil a d'abord été expérimenté en 1936 à l'Observatoire de Ksara, par MM. Combier et Delpeut, qui lui ont apporté des perfectionnements et ont reconnu l'action du champ magnétique terrestre. Il est installé depuis 1938 à l'Observatoire du Pic du Midi, où il est possible d'effectuer annuellement quelques dizaines d'observations parfaites. La température pouvant s'abaisser en hiver à $-30°$ C. à l'extérieur et à $-15°$ C. dans le laboratoire, l'appareil enregistre l'intensité de la lueur à travers une double glace chauffée électriquement, pour prévenir tout givrage. Les observations sont contrôlées par des photographies effectuées sur film panchromatique au moyen d'un objectif Saphir-Boyer (F/1,4) ajusté sur un appareil Leica III. Les clichés, posés 3 minutes, sont pris toutes les demi-heures, chaque observation durant 3 heures. Ces films permettent de contrôler l'état du ciel, la forme, l'étendue, la position et la brillance de la lueur.

Quelques centaines de clichés ont été obtenus en position fixe ou sur monture équatoriale. Ils montrent nettement le lever et le coucher de la lueur, fixent sa position par rapport aux étoiles et montrent son déplacement au cours de l'année. Des photographies ont également été prises sur plaques *Super fulgur*, avec un objectif Lacour-Berthiot en quartz-uviol, ouvert à F/1,6. Pour le même temps de pose, le contraste est inférieur, par suite de la diffusion de la lumière bleue et ultraviolette du ciel nocturne.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur quelques mesures d'intensité de la bande* OH *dans l'infrarouge proche*. Note de Mlle **Anne-Marie Vergnoux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des mesures d'absorption de liquides polaires purs et en solution dans un solvant neutre, le tétrachlorure de carbone, ont été faites dans la région de $7000\ cm^{-1}$ à l'aide d'un spectromètre à prismes de quartz dont le système enregistreur permet d'observer, presque simultanément, les transmissions de deux cuves et le zéro du récepteur; cette condition est nécessaire pour pallier à la dérive de celui-ci et faire des mesures correctes d'intensité.

Les résultats suivants ont été obtenus sur le 2ᵉ harmonique de la bande OH (située à 7100 cm^{-1} en solution diluée) pour des alcools primaires aliphatiques et des phénols substitués, déjà étudiés dans la région du 1ᵉʳ harmonique ([1]).

I. *Aspect de la bande.* — *a.* A concentration molaire égale, la bande *de groupe* située entre 7400 et 6500 cm^{-1} environ est d'autant plus marquée que la chaîne carbonée est plus courte dans la série des alcools.

b. Cette bande n'apparaît que très faiblement dans l'orthochlorophénol et l'orthobromophénol; d'autre part, la bande existant en solution diluée à 7000 cm^{-1} se déplace progressivement jusque vers 6800 cm^{-1} à mesure que la concentration augmente.

c. L'orthocrésol présente un cas intermédiaire entre le phénol (pour lequel la bande fine disparaît presque complètement en solution concentrée) et l'orthochlorophénol; la bande des solutions diluées est déplacée et la bande de groupe assez apparente quand on augmente la concentration.

d. L'orthonitrophénol, qui présente comme l'aldéhyde salicylique le phénomène de *chélation* ([2]), montre une adsorption diffuse entre 8000 et 6200 cm^{-1} environ, sorte de fond continu sur lequel se détachent deux maximums d'absorption assez flous vers 6500 et 6650 cm^{-1}.

L'existence de deux minimums dans la distribution du potentiel de l'ensemble O—H—O caractérisant la *liaison* H permettrait d'expliquer l'existence de deux fréquences voisines et celle du fond continu par application du principe de Franck-Condon.

II. *Mesures d'intensité.* — Elles ont été faites comme il a été indiqué dans un travail antérieur ([1]) et rapportées à une solution normale; la précision atteint environ 3 %.

a. Série des alcools primaires aliphatiques.

Alcool.....	Méthylique.	Éthylique.	Propylique.	Heptylique.
Intensité de la bande OH.........	0,205	0,195	0,205	0,20

ces valeurs sont égales à la précision de l'expérience.

b. Phénols et phénols orthosubstitués.

		Ortho-		
	Phénol.	chlorophénol.	crésol.	nitrophénol.
Intensité de la bande OH..........	0,195	0,180	0,1725	0,185

Les trois dernières valeurs s'écartent d'une façon notable de la valeur moyenne 0,20 adoptée pour le 2ᵉ harmonique de la bande OH *normale*.

c. L'intensité du 3ᵉ harmonique, mesurée pour l'alcool éthylique, est de 0,010.

d. Variations de l'intensité en fonction de la concentration.

([1]) A.-M. Vergnoux, *Comptes rendus*, **215**, 1943, p. 638.

([2]) A.-M. Vergnoux et R. Dadillon, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 166.

Les courbes tracées pour quelques termes de la série des alcools primaires aliphatiques présentent une très grande analogie, à condition de prendre des abscisses *réduites* (abscisse $x = C/C_L$, rapport de la concentration molaire de la solution étudiée à celle du liquide pur). Il existe en particulier un minimum pour $x = 0,1$ et un maximum pour $x = 0,4$ environ.

En systématisant de la même façon les résultats obtenus dans l'étude des propriétés physiques de mélanges binaires par d'autres auteurs, on est conduit à parler d'*états correspondants* dans les solutions de liquides à molécules polaires dans un solvant neutre. Les analogies sont particulièrement frappantes si l'on compare les variations de l'intensité de la bande OH et celles de la polarisation d'orientation dans les mêmes mélanges binaires ([3]).

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Le microdosage du thallium à l'aide des méthodes de la radioactivité artificielle.* Note de MM. **Henri Moureu, Paul Chovin** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le thallium est un élément assez difficile à doser lorsqu'il est présent en faible quantité. On peut déceler qualitativement jusqu'à 1^γ environ de thallium à l'aide des méthodes de la microchimie; mais les déterminations volumétriques ou gravimétriques ne permettent guère de descendre au-dessous de 100^γ. Or, la toxicité du thallium étant du même ordre de grandeur que celle de l'arsenic, il était utile de rechercher un procédé de dosage dont la sensibilité fût adaptée aux exigences de la toxicologie.

Nous avons songé, pour les faibles traces, aux techniques de la radioactivité. Ce sont particulièrement les ressources de la radioactivité artificielle qui nous ont fourni la solution escomptée. Le principe de la méthode est le suivant :

On précipite le thallium à l'état d'iodure thalleux et l'on s'arrange pour que le précipité soit radioactif. Pour cela on peut :

1° Utiliser, pour la précipitation, un iodure de potassium radioactif préparé, par exemple, selon la technique de P. Süe ([1]). On bombarde, à l'aide de neutrons lents, de l'iodure d'éthyle IC^2H^5. L'iode capte un neutron et se transforme en un isotope radioactif. Il y a en même temps émission d'un photon

$$^{127}_{53}I + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{128}_{53}I^* + \gamma.$$

Sous l'influence du recul dû à l'émission du photon, la liaison entre l'iode et le carbone de l'iodure d'éthyle se rompt (effet Szilard). Un traitement approprié de l'iodure actif fait passer environ 25 % de l'activité acquise en phase aqueuse.

2° Activer après coup le précipité inactif d'iodure thalleux en le soumettant

---

([3]) Dumken, Judenberg et Wolf, *Zeits. phys. Chem.*, B, 49, 1941, p. 43.

([1]) *J. Chim. Phys.*, 38, 1941, p. 123.

à un bombardement par neutrons issus d'un cyclotron. C'est encore l'iode radioactif $^{128}_{53}I^*$ qui prend naissance.

Le thallium, dans ces conditions, ne s'active qu'avec un fort mauvais rendement, et l'on peut négliger sa participation propre au rayonnement final du précipité. On se trouve donc, d'une manière ou de l'autre, en présence d'un précipité d'iodure thalleux radioactif par rayonnement β^- (période 25 minutes).

$$^{128}_{53}I^* \rightarrow \beta^- + ^{128}_{54}Xe.$$

Il suffit donc de comparer, à l'aide d'un compteur Geiger-Müller, l'activité d'un précipité provenant d'une solution thalleuse étalon ayant subi simultanément le même traitement.

Pour que la méthode soit applicable, trois conditions doivent être remplies :

il faut que le thallium reste sous forme thalleuse, ce qui implique d'opérer en milieu réducteur;

il importe d'obtenir une précipitation aussi complète que possible de l'iodure thalleux;

on doit pouvoir recueillir de très faibles masses de précipité, sans en perdre.

Le mode opératoire suivant respecte ces conditions :

La solution thalleuse, après séparation éventuelle des autres métaux, est concentrée sous très petit volume, par exemple $0^{cm^3},05$, dans le tube à centrifugation même où l'on fera la précipitation, en dirigeant un petit jet d'air comprimé à la surface du liquide porté à 80° C. On ajoute alors un égal volume d'alcool absolu. Le milieu hydroalcoolique ainsi réalisé, dans lequel l'iodure thalleux est peu soluble, favorise une précipitation complète. On ajoute alors, dans l'ordre : une petite quantité (une goutte) d'une solution aqueuse de sulfite de sodium, pour maintenir le milieu réducteur, et une petite quantité ($0^{cm^3},05$) d'une solution alcoolique d'iodure de potassium radioactif ou non. Le précipité d'iodure thalleux se forme; on le recueille par centrifugation en utilisant la technique proposée par P. Süe (²) légèrement modifiée : le tube à centrifugation est ouvert aux deux extrémités et l'extrémité inférieure (évasée au lieu d'être rétrécie, pour éviter l'adhérence du précipité à la paroi cylindroconique) est fortement serrée contre un disque de plexiglas démontable. Après centrifugation (5 minutes à 3000 t:min), le liquide surnageant est aspiré avec un tube effilé; le précipité est lavé deux fois, avec chaque fois une goutte d'alcool et séché à l'air comprimé. Lorsqu'on démonte le disque de plexiglas, le précipité y adhère fortement.

Si la précipitation a été effectuée avec de l'iodure de potassium radioactif, il suffit de mesurer immédiatement son activité. Si la précipitation a été effectuée avec de l'iodure ordinaire, il faut activer le précipité en l'exposant pendant

(²) *J. Chim. Phys.*, **39**, 1942, p. 85.

1 heure environ au flux des neutrons produits par un cyclotron. Dans les calculs, on doit tenir compte, non seulement de l'activation propre du support (le plexiglas a été choisi car il s'active fort peu), mais encore du fait que les mesures d'activation ne sont pas effectuées simultanément pour la substance à doser et la substance étalon.

Le procédé qui vient d'être décrit permet de doser des masses de thallium pouvant s'abaisser à 5γ avec une précision restant de l'ordre de 10 % et atteignant 4 % dans les meilleures conditions.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Covalaffinité, potentiel d'oxydo-réduction et réactions d'échange.* Note [1] de M. **Raymond Daudel**, Mme **Pascaline Daudel** et Mlle **Monique Martin**.

I. *Covalaffinité et réactions d'échange.* — Nous avons montré [2] que les ions complexes, en solution aqueuse, sont d'autant plus aptes à donner des réactions d'échange que les liaisons qu'ils renferment ressemblent plus à des électrovalences;

Nous avons étendu cette loi au cas des molécules binaires quelconques et même dans le cas de la voie sèche.

Dans une chaîne de corps tels que :

$$Br_4C,\quad Br_4Si,\quad Br_4Ge \quad \text{et} \quad Br_4Sn$$

la valence de l'élément variable est constante. Les liaisons se font nécessairement par l'ensemble d'un électron s et de trois électrons p. La force de localisation reste donc constamment égale à 4 [3]. La covalaffinité ne peut donc que varier avec le numéro atomique de l'atome et par conséquent devenir une fonction décroissante de celui-ci. En conséquence, dans la chaîne considérée, la tendance vers l'homopolarité doit décroître régulièrement quand on passe du composé Br_4C au composé Br_4Sn.

D'ailleurs la tendance à l'hétéropolarité croît dans les mêmes conditions puisque l'électropositivité est une fonction croissante du numéro atomique.

Il résulte de ces deux remarques que les rapports C_1/C_2 de ces deux tendances respectives doivent décroître avec le numéro atomique de l'élément variable dans la chaîne envisagée.

Or nous avons vérifié expérimentalement que :

1° il s'effectue un échange complet en moins de deux minutes entre le brome et le tétrabromure d'étain;

2° il ne s'effectue pas d'échange entre le brome et le tétrabromure de carbone.

---

(1) Séance du 3 juillet 1944.

(2) *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 301-303.

(3) *Ibid.*, **218**, 1944, p. 234.

Ces faits démontrent bien l'extension annoncée du champ d'application de la loi précitée, qui relie l'aptitude d'une molécule à intervenir dans les réactions d'échange avec la nature de ses liaisons.

II. *Potentiel d'oxydo-réduction et réaction d'échange.* — Nous tenons d'autre part à signaler que, dans l'état actuel de nos connaissances et compte tenu d'expériences que nous avons récemment réalisées :

1° Il n'y a pas d'échange entre

Cl^- et	ClO_4^-	I^-	et IO_3^- (milieu basique)
Cl^-	ClO_3^-	S^{-2}	SO_4^{-2}
Br^-	BrO_3^-	SO_3^{-2}	SO_4^{-2}
Br^2	BrO_3^-	TeO_3^{-2}	TeO_4^{-2}
I^2	IO_3^- (milieu neutre)	AsO_3^{-3}	AsO_4^{-3}

Ces systèmes ne sont pas réversibles au sens de l'oxydo-réduction ([4]).

2° Il y a échange entre

Fe^{++} et	Fe^{+++}	Cu^+ et	Cu^{++}
Hg_2^{++}	Hg^{++}	Tl^+	Tl^{+++}

Ces systèmes sont réversibles au sens de l'oxydo-réduction.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxyde salin de nickel* Ni^3O^4. Note de M. JEAN BESSON, présentée par M. Paul Lebeau.

On utilise depuis Liebig ([1]), pour séparer le nickel du cobalt, l'action d'un oxydant sur une solution alcaline de nickelocyanure et de cobaltocyanure de potassium, $Ni(CN)^4K^2$ et $Co(CN)^6K^4$. Dans ces conditions le cobalt passe à l'état de cobalticyanure $Co(CN)^6K^3$, stable en solution, tandis que le nickelicyanure, qui tendrait à se former, est instable et précipite quantitativement un peroxyde de nickel, d'ailleurs mal défini.

Cette dernière réaction n'a fait l'objet d'aucune étude; comme, d'autre part, la question des oxydes supérieurs du nickel reste très obscure; malgré de nombreux travaux, je me suis proposé de l'utiliser dans le but d'établir, si possible, un fait important et encore douteux, l'existence de l'oxyde salin Ni^3O^4. Signalé d'abord par Baubigny ([2]), qui l'obtenait par voie sèche, cet oxyde n'a pu être préparé par Le Blanc et Sachse ([3]) suivant la même méthode. D'autre part François et Delwaulle ([4]) affirment que Ni^3O^4 est stable en

---

([4]) Voir notamment G. CHARLOT, *Nouvelle méthode d'analyse qualitative*, 1942, p. 65, Paris.

([1]) *Ann. Chem. Pharm.*, 65, 1849, p. 244.

([2]) *Comptes rendus*, 87, 1878, p. 1082.

([3]) *Zeits. Elektrochemie*, 32, 1926, p. 204.

([4]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1402; 205, 1937, p. 282.

suspension dans l'eau à température ordinaire; mais Dede et H. Zieriacks ([5]) prétendent que, même à l'ébullition, la composition du peroxyde ne descend pas au-dessous de celle correspondant à la formule Ni^2O^3.

Pour tenter d'obtenir cet oxyde, j'ai, conformément aux indications de François et Delwaulle, laissé évoluer librement, en milieu liquide, le précipité de peroxyde. Ce dernier est préparé par action d'une solution d'hypochlorite de sodium à 30 volumes sur une liqueur alcaline de nickelocyanure de potassium contenant environ 15^g de nickel par litre. On constate alors le fait suivant :

Si, dans une série de flacons, contenant chacun un certain volume de cette solution de nickelocyanure, on ajoute des quantités d'oxydant croissant régulièrement de l'un à l'autre, le précipité noir de peroxyde qui se forme se décompose spontanément en redonnant l'hydroxyde ordinaire $Ni(OH)^2$ vert clair, tant que le volume de la solution oxydante ajouté est inférieur à une certaine valeur; mais, à partir de cette limite, le précipité reste noir aussi longtemps que l'on prolonge l'expérience. De plus, dans tous les flacons, on observe un abondant dégagement d'oxygène.

Ce fait, dont nous donnerons ci-dessous l'explication, permet de caractériser l'oxyde stable qui prend ainsi naissance. Il suffit pour cela de doser, quand le dégagement d'oxygène a cessé, le pouvoir oxydant total du contenu de la série de flacons. Ce dosage s'opère simplement en ajoutant un volume connu d'une solution N/10 d'anhydride arsénieux et en en titrant l'excès par une solution d'hypochlorite en présence de bromure de potassium comme indicateur. On obtient ainsi les deux résultats suivants :

a. Dans tous les flacons il ne reste plus d'hypochlorite en solution. On doit donc admettre que l'hypochlorite subit, au contact de l'oxyde de nickel, une décomposition catalytique, ce dernier passant intermédiairement par l'état de peroxyde avant de se décomposer en donnant le dégagement d'oxygène observé.

b. Si l'on trace la courbe — atomes d'oxygène actif par atome de nickel, en fonction du volume de solution oxydante ajouté —, on constate que la discontinuité observée sur le précipité correspond sur la courbe à une discontinuité brusque de 0,33 atomes d'oxygène par atome de nickel. Il n'y a pas lieu ici de tenir compte d'une éventuelle adsorption d'oxydant par le précipité, ce phénomène, s'il existe, jouant également dans tous les cas et n'intervenant pas pour créer la discontinuité.

L'oxyde stable, obtenu dans les conditions indiquées, est donc bien l'oxyde salin Ni^3O^4, déjà signalé par François et Delwaulle comme terme ultime de la décomposition à température ordinaire des oxydes plus oxygénés. Si la quantité d'oxydant ajoutée est insuffisante, il est vraisemblable qu'une partie du nickel reste à l'état divalent, par suite de la décomposition catalytique de l'hypochlo-

([5]) *Zeits. Anal. Chem.*, **124**, 1942, p. 2527.

rite. Cette hypothèse est d'ailleurs suggérée par l'aspect même du précipité dès sa formation : avant la discontinuité, il est gélatineux et d'un noir verdâtre indiquant la présence d'hydroxyde ordinaire $Ni(OH)^2$ mélangé au peroxyde; au contraire, après elle, il est d'un noir franc et d'une structure assez finement granuleuse pour former une pellicule à la surface du flacon et colorer la liqueur surnageante en violet. On est ainsi conduit à admettre que les composés du nickel divalent catalysent la décomposition des peroxydes de ce métal, pour expliquer le retour de ces peroxydes à $Ni(OH)^2$. Si la quantité d'oxydant est suffisante pour que tout le nickel dépasse le stade d'oxydation correspondant à la formule Ni^3O^4, le produit obtenu ne redescend pas au-dessous de cette limite au cours de son évolution ultérieure. Si, au contraire, une partie du métal, si faible soit-elle, reste à l'état divalent, elle constitue un germe de décomposition qui finit par ramener entièrement le peroxyde à l'état d'hydroxyde ordinaire $Ni(OH)^2$.

Remarquons enfin que ce phénomène fournit une méthode de préparation directe par voie humide de l'oxyde salin Ni^3O^4; il suffit d'ajouter, à la solution de nickelocyanure, la quantité d'oxydant correspondant exactement à la discontinuité, quantité que l'on détermine préalablement par une série d'expériences portant sur de petites quantités de produits.

En résumé, on peut considérer comme établie l'existence de l'oxyde salin Ni^3O^4, stable en solution à température ordinaire, et que l'on obtient en abandonnant à l'air, sans précaution spéciale, le peroxyde préparé par la méthode de Liebig, avec une quantité convenable d'oxydant. L'existence de cet oxyde Ni^3O^4, qui a la formule d'un oxyde salin, pose donc à nouveau le problème de l'existence de l'oxyde trivalent Ni^2O^3, autre question importante et encore controversée de la chimie du nickel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques alcoyl-1 cyclohexadiènes-2.6 et action de l'acide chlorhydrique*. Note de MM. **Max Mousseron** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour l'obtention de quelques alcoyl-1 cyclohexadiènes-2.6 nous avons appliqué la méthode de Hofmann et Damm [1], consistant dans l'action de l'éthylate de sodium sur les alcoyl-1 dibromo-1.2 cyclohexanes, obtenus par bromuration des cyclènes correspondants, ces derniers provenant de la déshydratation des alcoylcyclohexanols tertiaires.

On sait que l'action de l'éthylate de sodium conduit d'abord surtout à un éthoxy-cyclohexène qui, par traitement au bisulfate de potassium, fournira la majeure partie du carbure diénique.

Méthyl-1 éthoxy-2 cyclohexène-6. — Afin de déterminer la constitution de ces dérivés éthoxylés, le produit résultant de l'action de l'éthylate de sodium

(1) *Chem. Zentr.*, 1925, I, p. 2342.

sur le méthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane est d'abord isolé par distillation fractionnée : É 164-165°, d_{18}^{18} 0,8985, n_D^{18} 1,4566 ([2]). Hydrogéné ensuite au platine, il est traité par le pentachlorure de phosphore. Le dérivé chloré ainsi obtenu, conduit, par la suite, par l'intermédiaire de son magnésien et carbonatation, à l'acide méthyl-1 cyclohexanecarbonique-2 (anilide) F 105-106° ([3]), le groupement éthoxy se trouvant en position 2.

Alcoyl-1 cyclohexadiènes-2.6. — Voici réunies les constantes des divers termes de cette série.

	É.	d_{18}^{8}.	n_D^{18}.	
Méthyl-1 cyclohexadiène-2.6	107–108°	0,8272	1,4662	([4])
Diméthyl-1.4 »	127	0,8252	1,4631	([4])
Éthyl »	133	0,8404	1,4650	([5])
Isopropyl »	151–152	0,8450	1,4704	
n-propyl »	155–157	0,8489	1,4743	
n-butyl »	180	0,8499	1,4737	

Mentionnons encore le phényl-1 cyclohexadiène-2.6, É 235-239°, F 54° ([5]).

Action de l'acide chlorhydrique. — Par fixation d'hydracide, les carbures précédents peuvent conduire à des dérivés chlorés isomères, le chlore pouvant se trouver en position 3 ou 6 par rapport à la substitution.

Le passage aux cétones par hydrolyse et oxydation simultanées, la comparaison des points de fusion des semicarbazones à celles déjà connues, nous ont permis de constater que, dans tous les cas, l'atome de chlore se trouve fixé principalement en position 3. En effet, la présence du radical alcoyle électronégatif dirige l'addition de l'acide chlorhydrique, dont les éléments se fixent selon les règles de la polarité induite.

Ce résultat se retrouve également pour le diméthyl-1.4 cyclohexadiène-2.6, le groupement méthyle en 1 jouant le rôle d'atome-clef électronégatif.

Notons encore que le phényl-1 cyclohexadiène-2.6 ne donne pas de dérivé chloré dans les conditions de l'expérience.

Les constantes de ces dérivés sont

	$É_{15}$.	d_{18}^{18}.	n_D^{18}.	Semicarbazones. F	
Méthyl-1 chloro-3 cyclohexène-1...	65°	1,001	1,4779	199–201°	([6])
Diméthyl-1.4 » ...	71	1,008	1,4805	138–139	([7])
Éthyl-1 » ...	75	1,005	1,4791	240	([8])
Isopropyl » ...	85	1,010	1,4886	177–178	([9])
n-propyl » ...	85–87	1,011	1,4889	162–163	
n-butyl » ...	96	1,027	1,4952	166–167	

([2]) E. Urion, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 363.

([3]) A. Skita, *Ann. der Chem.*, **431**, 1923, p. 16.

([4]) N. Zelinsky, *Ber. d. chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 2630.

([5]) A. Berlande, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 439.

([6]) E. Knoevenagel et S. Mottek, *Ber. d. chem. Ges.*, **37**, 1904, p. 4464.

([7]) O. Wallach, *Ann. der Chem.*, **397**, 1913, p. 191.

([8]) E. Blaise et M. Maire, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **3**, 1908, p. 419.

([9]) O. Wallach, *Ann. der Chem.*, **360**, 1908, p. 69.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Remarques sur la température de l'atmosphère supérieure*. Note de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. Charles Fabry.

Le rayonnement solaire ultraviolet, correspondant à la bande intense d'absorption continue de l'oxygène, dissocie les molécules d'oxygène de l'atmosphère supérieure, en formant des atomes normaux ^3P et des atomes métastables ^1D. Ces atomes ont, en général, au moment de leur libération, des vitesses très grandes. En effet l'absorption d'un quantum de lumière, dont la fréquence ν est supérieure à la fréquence ν_0 du début (λ 1750 Å) de la bande continue d'absorption, fournit une énergie supérieure à l'énergie de dissociation $h\nu_0$ des molécules d'oxygène; le supplément d'énergie $E = h\nu - h\nu_0$ est cédé, sous forme cinétique, aux produits de la dissociation. Puisque les deux atomes qui se séparent ont même masse, ils prennent chacun une énergie cinétique $W = E/2$. La valeur de W devient rapidement très grande quand on considère les diverses radiations absorbées; par exemple, vers le maximum d'absorption de la bande λ 1450 Å, W correspond à l'agitation thermique moyenne pour une température de 6000° K. environ !

En chaque point de l'atmosphère supérieure le nombre d'atomes formés par unité de volume et de temps, et dont l'énergie cinétique est comprise entre W et $W + dW$, est donc fonction de l'intensité du rayonnement solaire de fréquence ν parvenant en ce point. Ainsi les vitesses de toutes les particules présentes n'obéissent pas à la formule ordinaire de distribution de Maxwell. D'où la conclusion importante suivante : dans l'atmosphère supérieure, *la notion de température perd son sens habituel pendant le jour*. Tout ce que l'on peut définir, c'est une *température équivalente*, en convenant qu'elle détermine la valeur moyenne, pour chaque altitude, de l'énergie cinétique des particules présentes.

Les chocs tendent d'ailleurs à ramener énergiquement, à chaque instant, l'énergie cinétique de toutes les particules vers cette valeur moyenne, c'est-à-dire à rétablir la distribution maxwellienne des vitesses. Mais cet équilibre des vitesses ne peut exister qu'en l'absence du rayonnement dissociant. C'est ce qui se réalise aux premiers instants de la nuit; la température devient sensiblement égale, pour chaque altitude, à la *température équivalente* définie ci-dessus.

On pourra vérifier les considérations précédentes, en étudiant le profil ou la largeur des raies interdites $^1D - {}^3P$ émises, au cours du crépuscule, par les atomes ^1D d'oxygène. En réalité ces atomes n'ont pas tous, au moment où ils émettent les raies rouges crépusculaires, leur vitesse initiale, puisqu'ils ont une vie moyenne de 100 secondes et subissent des chocs. On est amené à prévoir que la largeur des raies est beaucoup plus grande que la *largeur Doppler* classique obtenue en prenant comme température la température équivalente moyenne de l'atmosphère supérieure.

Des essais, réalisés par la méthode interférométrique, n'ont pas permis, jusqu'ici, d'obtenir sur ce point de résultats certains.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de l'activité respiratoire des Poires* Passe-Crassane *au cours de leur développement.* Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Bérard, Frémy ont démontré depuis longtemps que la maturation des fruits nécessite la présence d'oxygène. Parmi les nombreux travaux consacrés dans la suite à la respiration de ces organes, un petit nombre seulement ont porté sur les variations de l'activité respiratoire au cours du développement; rappelons à titre d'exemples ceux de Gerber sur diverses espèces, de Kidd sur les pommes, de Wolf sur les Sorbes, de Mlle Gatet sur le Raisin, de Kidd et West sur les Poires, de Roux sur les Pêches et les Prunes etc.

Nous avons entrepris nous-même de suivre les variations quantitatives des échanges respiratoires au cours du développement des fruits évolués dans les conditions naturelles. Les mesures ont porté sur des fruits isolés depuis un temps aussi court que possible, placés à l'obscurité, en atmosphère confinée saturée d'humidité, et à 20°. La durée des essais a été fixée en fonction de la quantité de matière vivante utilisée et du volume de l'enceinte; il faut en effet disposer de suffisamment de gaz carbonique pour faire une bonne mesure; par contre une expérience prolongée entraîne une surcharge de ce gaz capable de gêner l'activité respiratoire des tissus.

Nous avons commencé nos recherches sur la Poire *Passe-Crassane*. Dans cette variété les fruits, très tardifs, n'ont pas le temps de mûrir sur pied avant la mauvaise saison. Ils ne terminent leur évolution que si l'on prend la précaution de les cueillir avant l'hiver pour les placer à une température convenable. Les deux phases fondamentales de la vie du fruit, *croissance* et *maturation*, sont donc ici nettement séparées et la première seule peut s'observer sur pied, contrairement à ce qui se passe pour la plupart des Angiospermes. C'est à cause de cette particularité que nous avons étudié les échanges gazeux de cette variété. Pour repérer les stades correspondant aux récoltes successives, nous avons suivi parallèlement les modifications du poids frais, de la couleur de fond de l'épicarpe, de la consistance de la chair, de la teneur en amidon, de la couleur des graines. Pour apprécier la dureté du mésocarpe, nous avons utilisé un *pénétromètre* à ressort, analogue à celui d'Allen [1]; une surcharge de 100^g faisait franchir une division millimétrique à l'index; le diamètre de la partie pénétrante était de $7^{mm},9$.

Le tableau ci-après renferme l'essentiel de nos observations. L'intensité respiratoire y est exprimée en milligrammes de gaz carbonique par jour et pour 100^g de matière fraîche ou pour un fruit.

---

(1) *Univ. of Califor. Coll. of Agric. Exp. stat. Bull.*, 470, 1929.

Date de récolte.	Poids frais d'un fruit.	Couleur de fond.	Dureté.	Graines.	Amidon.	Intensité respirat. 100g frais.	Intensité respirat. 1 fruit.	Quotient respirat.
20 mai...	4g	vert sombre	>80	blanches	rare	320	13	0,9
7 juin..	20	vert clair	»	»	»	210	42	0,8
16 » ..	31	»	»	»	»	187	58	0,8
24 » ..	34	»	»	»	»	210	71	0,8
12 juill..	81	vert foncé	»	»	commun	242	196	0,7
27 » ..	100	vert clair	»	jaunâtres	abondant	109	109	0,8
10 août..	140	»	»	»	»	62	86	0,7
20 sept..	300	»	74	»	»	39	117	0,6
28 » ..	300	»	55	brun noir	présent	31	93	0,8
4 oct...	300	»	50	»	en régression	34	102	0,7
11 » ..	400	»	47	»	rare	39	156	0,8

Ce tableau montre que, *au cours de sa vie sur l'arbre*, le fruit présente une intensité respiratoire décroissante pour 100g de matière fraîche. Pendant cette même période, sa taille croît énormément, la couleur du péricarpe varie peu, les graines mûrissent, l'amidon augmente puis disparaît, l'évolution pectique commence, matérialisée par un amollissement sensible du mésocarpe. La diminution de l'activité respiratoire par unité de poids frais n'est pas un fait très surprenant, si l'on se souvient que la croissance des péricarpes se ramène principalement à une augmentation considérable du volume des cellules et particulièrement des vacuoles; la quantité de cytoplasme vivant décroît donc vraisemblablement dans 100g de matière fraîche.

Les fruits, récoltés en septembre-octobre et placés en lieu frais, achèvent leur développement en quelques mois. Ils jaunissent, deviennent parfumés et fondants (dureté 5). Le jaunissement est accompagné d'une poussée respiratoire fugace, la crise *climactérique* de Kidd [2], pendant laquelle l'intensité respiratoire atteint 95mg de gaz carbonique, tandis que le quotient devient voisin de l'unité. Rappelons que ces transformations ne nécessitent aucun apport alimentaire puisqu'elles ont lieu après l'isolement du fruit.

Ces observations sur la *Passe-Crassane* sont en accord avec celles de Gerber [3] en ce qui concerne le quotient respiratoire, et avec celles de Kidd sur les pommes [4], et de Kidd et West sur les poires *Williams* [5].

La crise climactérique paraît caractéristique des organes dont la vitalité tend à diminuer, et notamment de ceux que l'on a séparés de la plante mère. On l'a mise en évidence dans le cas des fruits (Poires, Pommes, Tomates, Bananes, Pêches etc.), mais elle a été retrouvée avec des feuilles isolées de

---

(2) *Nature*, 135, 1935, p. 326.
(3) *Thèse Sc. nat.*, Paris, 1897.
(4) *Roy. Inst. of great Brit. Weekl. Even. Melt.*, 9 novembre 1934.
(5) *Report of the food invest. Board for the year*, 1936, p. 113.

Laurier [Godwin et Bishop (6)]; nous avons observé nous-même, dans le cas de rameaux fructifères isolés de Lierre, une crise analogue avant la chute des fruits immatures (7).

MYCOLOGIE. — *Production de périthèces chez* Aspergillus castaneus *sous l'influence d'une Bactérie.* Note (1) de MM. **Auguste** et **René Sartory**.

En étudiant les Champignons inférieurs et les microorganismes bactériens qui attaquent la Châtaigne, nous avons isolé un *Aspergillus* donnant des périthèces contenant des asques à ascopores. La culture était impure et notre premier soin fut de séparer, par la méthode des plaques et des stries, les microorganismes présents.

L'*Aspergillus* isolé à l'état pur présente les caractères suivants : Mycélium blanc, puis jaune orangé et enfin orangé; conidiophores terminées par des ampoules globuleuses d'un jaune orangé, jamais jaune d'or, ni jaune verdâtre ou olive sur aucun milieu; filaments aériens lisses et non échinulés. Ampoules conidiophores mesurant jusqu'à 30$^{\mu}$ de long sur 8 à 12$^{\mu}$ de large. Sterigmates de 5$^{\mu}$,75 à 7$^{\mu}$. Conidies lisses, de couleur jaune orangé, mesurant 5$^{\mu}$,5 à 7$^{\mu}$,5 de diamètre; à aucun moment nous n'apercevons de sclérote. Cette espèce est incapable de pousser à + 37° et n'est pas douée de propriétés pathogènes. Nous avons proposé, pour cette espèce nouvelle, le nom d'*Aspergillus castaneus* n. sp.

Nous constatons, après en avoir fait l'étude botanique et biologique sur les différents milieux usuels, que, à l'état de pureté absolue, l'*Aspergillus* ne forme que des appareils conidiens; les cultures sont vivaces et l'organisme pousse fort bien sur Carotte, Pomme de terre, Betterave, milieu de Raulin gélatiné, gélosé, empois d'amidon; la croissance est faible sur sérum coagulé, albumine d'œuf, liquide de Raulin acide et neutre, bouillon.

A l'examen microscopique ces cultures montrent constamment l'absence de périthèces, d'asques et d'ascospores; en outre elles ne donnent aucun signe précurseur de la formation de l'appareil périthécien.

L'organisme provenant de la Châtaigne et accompagné de toutes ses impuretés, par ensemencement sur Raulin acide, ne nous donne jamais de périthèces. La même expérience, pratiquée sur milieu de Raulin neutre, nous permet d'observer la formation d'un voile épais avec des appareils conidiens et des périthèces en petit nombre (par rapport aux cultures sur carotte).

En effectuant la séparation des organismes, nous constatons que, sur liquide de Raulin acide, la Bactérie a disparu des cultures; par contre on isole une levure rose, un *Fusarium* et notre *Aspergillus*, bien vigoureux mais sans appareil périthécien. Sur liquide de Raulin neutre, la Bactérie est présente.

---

(6) *New Phytolog.*, 26, 1927, p. 295.

(7) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 90, 1943, p. 88.

(1) Séance du 26 juin 1944.

Sur les milieux solides signalés précédemment, la culture impure nous permet d'obtenir des périthèces à asques et ascopores; leur nombre est plus grand sur carotte, pomme de terre que sur les autres milieux solides (gélatine, gélose, amidon). La culture est nulle sur sérum et albumine d'œuf.

Le filtrat d'une culture sur liquide de Raulin (filtre Berkefeld), mêlé par moitié à un milieu liquide de Raulin neutre et de bouillon (nous établissons deux témoins), ne donne qu'une culture sans périthèces; présence d'appareils conidiens.

Ensemençant la Bactérie en même temps que l'*Aspergillus* sur le milieu précédent, nous obtenons quelques périthèces après 12 jours; remarquons ici que notre milieu n'est pas très favorable.

En ensemençant la Bactérie sur une culture pure luxuriante d'*Aspergillus*, aucun périthèce ne se forme; la végétation de notre germe bactérien se trouve étouffée.

Il importe de remarquer ici que, lorsque la Bactérie se trouve associée à l'*Aspergillus*, l'allure de la culture diffère par comparaison avec une culture aspergilienne pure. Dans le premier cas il se manifeste d'abord un temps d'arrêt dans la végétation du champignon; la luxuriance de la culture est très amoindrie; d'autre part l'organisme se montre tourmenté, déformé, mamelonné; les appareils conidiens se forment avec un retard de 3 à 4 jours par rapport à la culture pure. Lorsque les périthèces doivent apparaître, nous voyons se produire des boursouflures et çà et là de petites zones jaunes, prélude à la reproduction sexuée; la culture est limitée (Carotte, Pomme de terre); elle ne s'accroît plus sensiblement après 15 jours. Dans le cas de la culture pure, le substrat se recouvre totalement. D'après nos recherches il apparaît qu'il est indispensable que la Bactérie soit vivante pour être active dans la production des périthèces.

Aucun des autres microorganismes ne peut produire d'effets bienfaisants au cours de ce phénomène. Déjà en 1912 l'un de nous eut l'occasion de signaler que l'association d'une levure du genre *Willia* et d'une bactérie avait provoqué la formation d'asques à ascopores; en 1916, alors que nous n'obtenions que la forme conidienne d'un *Aspergillus* en culture pure, nous déterminions la formation de périthèces nombreux en ajoutant une culture du *Bacillus mesentericus*, qui se rencontrait avec lui dans la nature. Dans un autre ordre d'idées, en utilisant les émanations du radium, nous avons réussi à provoquer l'apparition de périthèces dans les cultures pures, sur milieu gélatiné, d'*Aspergillus fumigatus*, espèce qui se refusait constamment à donner cette forme parfaite.

La Bactérie isolée à l'état pur présente les caractères suivants : Bâtonnets immobiles mesurant 2 à 3^{μ} de long sur $0^{\mu},7$ à $0^{\mu},8$ de large, ne donnant pas de spores, se colorant bien par les colorants basiques d'aniline, restant colorée par la méthode de Gram. L'espèce se cultive bien sur tous les milieux usuels employés en bactériologie. Elle liquéfie la gélatine, ne modifie pas la gélose, le blanc d'œuf et le sérum coagulé; elle coagule le lait, précipite la caséine et la peptonifie totalement en 8 jours; elle attaque le glucose, le maltose et le lactose. Son optimum cultural est voisin de $+28^{\circ}$ à $+30^{\circ}$; elle cesse de végéter à $+38^{\circ}$.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, ainsi que dans une récente

Note à l'Académie de Médecine, plusieurs autres organismes ont été isolés (Levure, *Fusarium*). Après de nombreux essais de cultures pures et associées à notre *Aspergillus*, nous avons pu nous assurer que seule la Bactérie envisagée est capable de faire apparaître les appareils sexués.

PHYSIOLOGIE. — *Facteurs intervenant dans la prévention et la production expérimentales des œdèmes par déséquilibre alimentaire*. Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La production expérimentale d'œdèmes par déséquilibre alimentaire s'obtient, comme on sait, d'une manière très simple, en soumettant des jeunes Rats à un régime exclusif de chocolat (1) ou à un régime artificiel œdémogène hypoazoté et hypominéralisé, dans lequel figurent les bases puriques du cacao, théobromine et caféine (2). Il nous a semblé intéressant de reprendre le problème en vue de préciser le rôle des différents facteurs entrant dans la composition de ce régime.

Des lots de rats de 30 à 50g furent, à cet effet, maintenus à l'un des régimes ci-après, de l'eau et du papier filtre leur étant fourni d'autre part à volonté.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Muscle purifié	6	5,5	5,5	5,5	5,5	16,5	5,6	5,9
Théobromine	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0
Caféine	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Graisse de beurre	4	4	4	4	4	4	4	4
Beurre de cacao	16	16	16	0	16	0	16	16
Levure de bière	0	0	5	5	5	5	5	5
Saccharose	72	72	67	83	64	70	67	67
Sels d'Osborne et Mendel	2	2	2	2	5	4	2	2

Les résultats obtenus se trouvent consignés dans le tableau suivant :

	Survies en jours.	Œdèmes.
I. Régime hypoazoté, hypominéralisé, avec lipides en forte proportion (20 %)	25-50	—
II. Même régime + bases puriques (R. œdémogène)	15-25	+
III. R. œdémogène + 5 % levure	20-40	+
IV. » + levure, avec lipides réduits	7-20	—
V. » + » surminéralisé	4-15	+
VI. » + » avec complément de protides et de sels minéraux	25-50	+
VII. » + » sans caféine	25-50	+
VIII. » + » sans théobromine	25-50	+

(1) R. Lecoq et M. Allinne, *Bull. Soc. Thérap.*, 41, 1936, p. 239.
(2) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 216.

Dans l'ensemble, les mesures chronaximétriques montrent un raccourcissement rapide des temps d'excitation nerveuse, avec égalisation à niveau bas (indice d'excitation des centres nerveux encéphaliques), du 2e au 4e jour dans la majorité des cas, du 6e au 8e jour avec le régime I. Ultérieurement on note un allongement des temps d'excitation musculaire (indice de lésions polynévritiques).

Le régime I hypoazoté et hypominéralisé, à lui seul, n'est pas producteur d'œdèmes, la déficience azotée nécessitant pour être révélée la présence d'un facteur adjuvant dont le rôle est tenu, dans le régime II ainsi que dans le chocolat, par l'association théobromine-caféine. L'adjonction de levure de bière, bonne source de vitamines B, se montre pratiquement sans effet. La réduction des lipides rapproche l'issue fatale et les pattes très rouges observées quelques jours auparavant semblent indiquer que les sujets meurent avec des phénomènes de vasodilatation plantaire, mais sans avoir eu le temps de faire des œdèmes. La surminéralisation accélère l'évolution du syndrome; les œdèmes apparaissent ici quand la survie est suffisante. Enfin la théobromine seule, aussi bien que la caféine seule, peuvent suffire à révéler les œdèmes.

Une addition ménagée de sels minéraux et de protides ne paraît pas avoir d'effet sensible. Ceci peut surprendre en ce qui concerne les protides, dont la déficience est considérée comme la cause initiale des œdèmes. La prévention de ceux-ci, toutefois, s'obtient au moyen d'une très large addition de protides aux régimes II et III, 20 % de caséine par exemple ([3]). Il semble donc que la présence des bases puriques élève le taux des protides nécessaires pour assurer la protection de l'organisme. Quand il y a adjonction de caséine, les survies atteignent 20 à 40 jours et les jeunes Rats meurent, avec des pattes rouges, après avoir présenté des troubles neuromusculaires analogues aux précédents; ainsi la correction du déséquilibre du régime reste incomplète.

Conclusions. — La présence de vitamines B (fournies par la levure de bière) et la présence de vitamine A (apportée par la graisse de beurre) n'empêchent pas, chez les jeunes Rats, l'apparition des œdèmes par déséquilibre alimentaire, dont la production expérimentale s'obtient à l'aide d'un régime hypoazoté et hypominéralisé, additionné de bases puriques jouant le rôle de facteur de révélation.

La prévention de ces œdèmes n'est obtenue que par la suppression des bases puriques ou par l'addition d'une forte proportion de protides (dépassant largement la normale). La réduction des lipides raccourcit notablement les survies; la mort des sujets survient alors avant l'apparition des œdèmes. La carence des lipides n'est donc pas, à proprement parler, un facteur adjuvant dans la production des œdèmes par déséquilibre alimentaire.

La surminéralisation accélère l'évolution du syndrome et les œdèmes

([3]) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944 (sous presse).

s'observent dès que les survies sont assez longues pour permettre leur apparition.

Utilisées seules, comme facteur de révélation, la caféine et la théobromine favorisent également la production des œdèmes chez les Rats recevant un régime hypoazoté (l'hypominéralisation, nous venons de le voir, n'est pas indispensable).

La chronaximétrie montre que le terrain favorable à cette évolution du syndrome œdémateux est caractérisé par un tableau analogue à celui de l'acidose ([4]), comportant atteinte encéphalique et lésions polynévritiques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau pigment dérivé de l'axérophtol, l'éther biaxérophtylique.* Note de M. **Paul Meunier** et Mlle **Andrée Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

En reprenant le produit bleu de la réaction de la vitamine A avec le chlorure d'antimoine par l'eau, puis par le benzène, F. Ender, en 1932, a obtenu un corps jaune rouge qui cristallise dans l'alcool éthylique. Ce pigment fond à 160°-170°, fournit encore la réaction de Carr et Price, mais, avec une seule bande à $590^{m\mu}$, est très sensible à la lumière et n'a aucun effet de croissance sur le rat avitaminosé en A ([1]).

Ce même produit apparaît également au cours de certaines expériences de chromatographie effectuées sur des insaponifiables de foies de poissons. Ainsi Castle, Gillam, Heilbron et Thompson ont pu, en 1934, isoler sur une colonne de Al^2O^3 ou de $Ca(OH)^2$, après passage d'un concentré de vitamine A dissous dans l'éther de pétrole, une zone colorée en rouge fournissant un produit dont la composition élémentaire était voisine de celle de la vitamine A, mais dont la réaction au chlorure d'antimoine ne correspondait plus qu'à la bande à $590^{m\mu}$ ([2]).

Ce pigment ne préexistait pas dans le concentré, mais résultait de l'action de l'adsorbant sur l'axérophtol, comme l'ont établi plus tard Holmes et Corbet ([3]). Ceux-ci se sont d'ailleurs contentés de montrer que le passage des concentrés de vitamine A sur des poudres adsorbantes pouvait augmenter considérablement la coloration jaune du produit.

Nous avons pu préparer ce même pigment par action des argiles acides sur la vitamine A, dont le produit d'adsorption est coloré en bleu ([4]). L'élution par l'alcool nous a fourni des cristaux jaunes rouges, fondant à 141°-142°,

---

([4]) B. et P. Chauchard, H. Mazoué et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, pp. 264 et 402.

([1]) *Bioch. Journ.*, **26**, 1932, p. 1118.

([2]) *Bioch. Journ.*, **28**, 1934, p. 1702.

([3]) *Journ. of Biol. Chem.*, **127**, 1939, p. 449.

([4]) P. Meunier et Mlle Vinet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **25**, 1943, p. 327.

présentant les mêmes caractères spectrographiques que le corps d'Ender (1) ou celui de Castle et ses collaborateurs (2).

Cette expérience confirme bien notre interprétation (3), selon laquelle les mécanismes d'action de $SbCl^3$ et des argiles acides sur l'axéropthol sont identiques. Non seulement la coloration à l'état adsorbé est la même (coloration bleue), mais le produit régénéré ou élué renferme le même pigment. Aucune hypothèse n'a encore été faite à notre connaissance sur la constitution de ce nouveau caroténoïde. Pour nous, nous lui attribuons la formule

CH^3 CH^3 — CH^2—O—H^2C — CH^3 CH^3

CH^3 CH^3

La structure de ce corps, qui est en somme l'éther biaxérophtylique, est justifiée par les raisons suivantes :

1° Le poids moléculaire déterminé par la microméthode de Rast est en accord avec cette formule (trouvé 504; chiffre théorique 554);

2° Le spectre d'absorption dans le chloroforme présente deux maxima principaux, l'un à $330^{m\mu}$ et l'autre plus faible à $430^{m\mu}$. Or sur la formule proposée on retrouve bien, répété deux fois, le même système chromophore que celui de la vitamine A (bande à $330^{m\mu}$). Mais les deux systèmes de 5 doubles liaisons conjuguées exercent l'un sur l'autre une certaine induction grâce au pont d'oxygène qui les réunit. Cela rend compte de la bande du visible à $430^{m\mu}$. Avec le β-carotène, où l'on trouve la conjugaison complète de 11 doubles liaisons, l'absorption dans le visible est voisine de cette dernière, mais son intensité est beaucoup plus considérable (environ 8 fois plus forte).

3° La bande à $590^{m\mu}$ de la réaction avec $SbCl^3$ est identique à celle du β-carotène que nous avons déjà attribuée (5) à l'entrée en résonance d'un système de 4 doubles liaisons conjuguées. Or, l'une des 5 doubles liaisons étant utilisée à la fixation sur le réactif, il reste seulement 4 Δ pour la mésomérie provoquée par l'adsorption, comme dans le cas du carotène.

4° Ce corps se prépare dans des conditions exactement semblables à celles qui fournissent l'éther bicholestérylique (6).

La mésomérie de l'axérophtol provoquée soit par $SbCl^3$, soit par des argiles acides, conduit soit à la vitamine A cyclisée, résultant, comme nous l'avons établi (7), de la déshydratation de la vitamine A sous l'une des formules limites de cette mésomérie, soit à l'éther biaxérophtylique résultant de la déshydra-

(5) P. Meunier, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 470.

(6) *Ibid.*, **217**, 1943, p. 997.

(7) P. Meunier, Dulou et Mlle Vinet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **25**, 1943, p. 371.

tation de 2^{mol} de vitamine A sous l'autre formule limite de cette même mésomérie (5). Le nouveau pigment pourra apparaître chaque fois que l'axérophtol sera soumis à un réactif *polarisant* (cas des poudres adsorbantes en général).

TÉRATOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les mécanismes mis en œuvre par la chimiotératogenèse chez les Vertébrés supérieurs.* Note (1) de M. **Paul Ancel** et Mme **Suzanne Lallemand**, présentée par M. Justin Jolly.

Depuis quelques années (*Comptes rendus*, 1938-1940; *C. R. Soc. Biol.*, 1939-40-41-42-43-44; *Arch. phys. biol.*, suppl. 1940-41-42-43) nous avons eu l'occasion de montrer que certaines substances chimiques peuvent agir d'une façon élective sur l'embryon de Poulet et produire des malformations déterminées, et jusqu'à un certain point spécifiques. L'essai de plus de 90 substances chimiques sur l'embryon de Poulet arrivé à la 48e heure de l'incubation nous a permis d'obtenir, à volonté et en forte proportion, telle ou telle des malformations suivantes : célosomie, strophosomie, anourie, brachymélie, hémimélie ou ectromélie, syndactylie, bec de rapace. Chacune de ces malformations n'a été déterminée que par un petit nombre de substances, et la variété de malformation obtenue s'est montrée liée à la nature de la substance tératogène utilisée.

Les substances chimiques, dissoutes dans l'eau ou dans l'huile, ont été déposées sur l'embryon. Nous avons, dans ce but, ouvert une fenêtre dans la coquille et, après un léger prélèvement d'albumine suivi du dépôt de la substance à expérimenter, nous l'avons obturée avec une lame de verre lutée à la paraffine; l'évolution de l'embryon a donc pu être suivie à tout instant et nous avons pu prélever vivants, à tous les stades du développement, les embryons porteurs de malformations. Cette technique nous a permis de mettre en évidence les mécanismes tératogéniques suivants :

1° L'arrêt de développement localisé à un groupe cellulaire dont la déficience constitue la malformation. Telle par exemple l'atrophie ou l'absence du bourgeon caudal obtenue avec le méthylarsinate de sodium, ou l'absence de l'amnios par la trypaflavine;

2° La lésion d'un groupe cellulaire par une hémorragie déterminée à l'aide d'une substance chimique. Telle par exemple l'hémimélie, l'ectromélie ou l'anourie obtenues avec le bleu trypan ou des sels de strychnine ou de quinine;

3° L'arrêt de développement temporaire d'un groupe cellulaire, qui détermine un changement dans la forme générale de l'embryon sans amener la déficience définitive d'aucun des groupes cellulaires qui le constituent. Telle est la réalisation de la strophosomie par la colchicine ou la ricine;

4° Les troubles apportés dans l'évolution de certaines parties de l'embryon

(1) Séance du 10 juillet 1944.

par l'œdème que conditionnent certaines substances chimiques. Telle est par exemple la célosomie produite par le sulfate d'ésérine.

Une même malformation peut être obtenue par des mécanismes différents. Telle est par exemple la célosomie. La hernie des organes, qui caractérise cette malformation, peut être due, suivant les substances utilisées, à un simple arrêt de développement des parois ventrales du corps ou à une lordose précoce (colchicine) ou à une hémorragie qui détruit une partie de l'ébauche des parois du corps (bleu trypan) ou à l'arrêt du développement de l'amnios (trypaflavine) ou enfin à l'œdème de l'abdomen (sulfate d'ésérine).

Une même substance peut produire un groupe de malformations qui apparaissent toujours dans le même ordre. C'est ainsi que, par exemple, la paraminobenzènesulfamide détermine la brachymélie, le bec de rapace et la syndactylie. Tous les embryons syndactyles ainsi obtenus ont un bec de rapace et tous les embryons ayant un bec de rapace sont eux aussi brachymèles.

Les différents mécanismes observés sont provoqués les uns par une action directe de la substance expérimentée sur les éléments d'un groupe cellulaire déterminé, les autres par une action indirecte (hémorragie ou œdème). L'action directe ou indirecte s'est toujours traduite par l'arrêt de développement d'un groupe cellulaire, sauf pour l'intersexualité. L'action de l'œstrone ou de certains carbures, qui déterminent cette dernière malformation en agissant sur les canaux de Muller et les glandes génitales des mâles génétiques, se traduit en effet par une excitation au développement de certains groupes cellulaires. Au point de vue des mécanismes chimiotératogéniques, l'intersexualité mérite donc une place à part dans la série des malformations que les substances chimiques sont susceptibles de déterminer.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur MARIN MOLLIARD, par M. CHARLES MAURAIN.

MARIN MOLLIARD est né le 8 juin 1866 à Châtillon-sur-Loing (Loiret). Il fit ses études a Paris, à Sainte-Barbe, au Collège d'abord, où son oncle était Préfet des Études, puis à l'École préparatoire; Élève à l'École normale de 1888 à 1892, il y resta ensuite pendant deux ans comme agrégé-préparateur et fut nommé en 1894 chef des Travaux pratiques à la Faculté des Sciences de Paris, qu'il n'a plus quittée jusqu'à sa retraite en 1937. Il y fut successivement chargé de conférences (1895), maître de conférences (1902), chargé d'un cours de physiologie végétale (1906), et titulaire d'une chaire nouvelle de physiologie végétale en 1913. Il a été doyen de la Faculté de 1920 à 1926. Depuis sa retraite, il avait continué d'y travailler dans le même laboratoire, donnant de temps en temps à l'Académie les résultats de ses recherches. L'Académie lui avait décerné en 1901 le prix Bordin (en commun avec Matruchot), en 1910 le prix Montyon de Physiologie, en 1917 le prix Rufz de Lavison, et l'avait élu le 7 mai 1923 dans la Section de Botanique.

Les premiers travaux de Molliard ont porté sur les transformations morphologiques que certains parasites produisent dans les organes végétaux, et qui se traduisent par la formation de galles ou cécidies. Ces recherches l'ont conduit à étudier des transformations obtenues par voie expérimentale, et l'on peut dire que son œuvre a porté surtout sur l'étude expérimentale des relations existant entre les végétaux et les conditions extérieures. C'est à juste titre que ses amis et élèves, qui ont reproduit ou résumé en un volume, à l'occasion de son Jubilé, ses œuvres scientifiques, ont pris pour épigraphe *La plante et le milieu*.

Il a institué d'abord une méthode de culture permettant d'obtenir le développement complet d'un végétal, depuis la germination de la graine jusqu'à la production de nouvelles graines, cette évolution se faisant à l'abri de tout germe étranger. En possession de cette méthode de culture pure, il l'a appliquée en de nombreuses expériences, cherchant à analyser le mécanisme de l'action

du milieu sur la structure et les fonctions de la plante, avec l'idée que cette action met en jeu les phénomènes de nutrition.

Par exemple, il réalise des cultures de Radis, absolument aseptiques, dans les conditions suivantes : à la lumière, mais dans un air dépourvu de gaz carbonique, c'est-à-dire avec suppression de l'assimilation chlorophyllienne, mais, en revanche, avec pénétration dans la plante, grâce à l'absorption par les racines, d'une quantité de sucres aussi grande que possible. Il observe alors, par rapport au développement du Radis dans les conditions ordinaires, d'importantes modifications : dans les organes de réserve, dans le tubercule de la plante, au lieu des sucres solubles qui s'y accumulent d'ordinaire, s'emmagasine de l'amidon; la forme de ces organes de réserve est modifiée : dans les conditions ordinaires, c'est la racine seule qui est renflée en tubercule; dans ces cultures, la tige se renfle aussi pour accumuler des réserves et acquiert, dans l'air et à la lumière, les caractères des tiges souterraines, la modification de la fonction entraîne le changement de forme de l'organe; enfin l'étude au microscope révèle des changements considérables dans la structure, le liber présente un grand développement, en rapport avec l'accroissement des matériaux qui doivent être transportés par ses tissus. Molliard apporte ainsi un argument expérimental au principe de Lamarck exprimé souvent sous cette forme abrégée : « La fonction crée l'organe ».

Molliard était très attaché aux idées de Lamarck et s'est élevé contre des attaques dont elles ont été l'objet. « Je reste convaincu par mes recherches, » écrit-il à une époque où celles-ci avaient atteint leur plein développement, « que c'est à l'analyse de l'interaction du milieu et des êtres vivants, dont le grand naturaliste français avait senti toute l'importance, qu'il convient de s'appliquer. »

Pendant toute sa carrière, Molliard a travaillé dans la même voie, imaginant d'ingénieuses expériences pour rendre compte du déterminisme des caractères morphologiques et isoler chacun des facteurs dont l'ensemble complexe agit dans les conditions naturelles.

Par les expériences que j'indiquais tout à l'heure et par d'autres, il a montré qu'il existe une sorte d'antagonisme entre l'assimilation du carbone de l'air par la fonction chlorophyllienne et l'absorption par les racines de substances organiques telles que les sucres; le développement du tissu chlorophyllien assimilateur est dû seulement à la quantité de sucres contenue à l'intérieur des feuilles, quelle que soit la manière dont ce sucre y ait été introduit; la lumière n'intervient ici que par son action sur la formation des sucres.

D'autres expériences ont permis à Molliard d'obtenir des variations curieuses : la transformation de feuilles ordinaires en feuilles nouricières ou cotylédons; le changement de feuilles en épines, ou réciproquement; la métamorphose de plantes parasites, telles que les Cuscutes, qu'il arrive à faire croître d'une vie indépendante, avec apparition d'une abondante chlorophylle et disparition des suçoirs du parasite; et bien d'autres.

Je ne peux que citer, parmi beaucoup d'autres travaux : la production artificielle d'altérations semblables à celles que produisent les galles; l'étude du développement de la Morille, qui l'a conduit à l'établissement d'une culture rationnelle de ce champignon; la démonstration de ce fait que l'humus n'intervient pas directement dans la nutrition carbonée des plantes supérieures; l'étude de la nutrition azotée de ces plantes, effective par les racines et nulle par l'air: ses recherches sur les variations physiologiques et morphologiques que subit un champignon, le *sterigmatocystis nigra*, sous l'influence de modifications apportées au milieu nutritif, et sur la reproduction artificielle des formes tératologiques.

L'œuvre magistrale de Molliard a gardé, malgré la diversité de ses objets, un grand caractère d'unité; il en a continué le développement jusqu'à la fin de sa vie; récemment encore il étudiait les conditions de la tubérisation de la Pomme de terre et d'autres plantes à tubercules, et sa dernière Note à l'Académie est consacrée à montrer que, chez une petite Chicoracée, le *Crepis bulbosa*, la tubérisation est conditionnée par l'obscurité.

Parmi les résultats obtenus par Molliard beaucoup ont eu des applications à l'Agriculture, et l'Académie d'Agriculture l'avait élu dans sa Section d'Histoire naturelle.

La carrière de Molliard, comme son œuvre, est d'une belle unité; elle s'est écoulée tout entière dans le même laboratoire, où il a eu la satisfaction de se voir entouré de chercheurs s'adonnant au domaine scientifique auquel il s'était consacré, et d'étudiants pour lesquels il constituait de toutes pièces un enseignement auquel il donnait tous ses soins. La simplicité et la dignité de sa vie, ses hautes qualités intellectuelles et morales, son labeur désintéressé lui avaient acquis une profonde estime, une vive sympathie et une grande autorité. Cruellement frappé l'an dernier dans sa santé, il avait courageusement continué ses recherches au laboratoire, et venait encore assidûment parmi nous. Un nouvel assaut de la maladie a mis fin brusquement, lundi dernier, à une existence toute de dévouement à la Science.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *L'Homme peut-il utiliser comme aliments des feuilles d'arbres ?* Note de M. **Auguste Chevalier**.

Récemment on nous a demandé, en prévision de la famine qui menace les habitants de certaines villes, s'il existe des arbres dont on peut manger les feuilles. La question ainsi posée est ambiguë.

A notre connaissance, les feuilles adultes de tous nos arbres indigènes, c'est-à-dire les feuilles telles qu'elles se présentent depuis le début de l'été jusqu'à l'automne, moment de leur chute, ne sont pas comestibles. A ces époques le contenu cellulaire des feuilles d'arbres est réduit et c'est lui exclusivement qui pourrait renfermer un peu de substances alimentaires (protéides, glucides, traces de lipides). A un âge avancé les feuilles d'arbres sont coriaces et en

général dépourvues de ces éléments. Les parois cellulosiques ont pris tout leur développement et bien des tissus se sont sclérifiés ou lignifiés. Or, la cellulose et la lignine ne sont pas ou mal digérées par l'estomac humain. Par contre, au printemps, les pousses tendres de certaines espèces d'arbres avec les jeunes feuilles qu'elles portent peuvent être consommées sans inconvénient, mais elles constituent un très pauvre aliment au point de vue énergétique. Il faut s'adresser exclusivement à des arbres dépourvus de substances toxiques et contenant peu de tanins dans leurs tissus. Les très jeunes feuilles de Hêtre, d'Orme à feuilles glabres, de Noisetier, de Tilleul (spécialement de *Tilia cordata* à feuilles glabres) et surtout de Frêne et de Robinier Faux-Acacia sont dans ce cas. J'ai expérimenté sur moi-même les pousses tendres de ce dernier arbre et je les trouve presque aussi mangeables que les pousses de Houblon cuites ou que les feuilles crues de Laitue potagère. Le *Cedrela sinensis* Juss., ce bel arbre introduit par le Muséum d'Histoire naturelle en 1864, et qui est aujourd'hui planté comme arbre d'avenues sur plusieurs des rues et boulevards de Paris, est considéré en Chine comme un légume. On en mange les pousses quand elles sont encore tendres. De même les Lyciets (*Lycium sinense* Lamk. et *L. vulgare* Dunal), avec lesquels on fait des haies autour de la capitale, donnent des feuilles regardées comme produits potagers et vendues sur les marchés en Extrême-Orient.

Nous avons la conviction que l'homme paléolithique, avant l'invention de l'Agriculture, a fait un grand usage, pour se nourrir, non seulement des fruits sauvages et des graines de graminées, de légumineuses et de crucifères, mais aussi des pousses jeunes de diverses plantes. Nous avons constaté, au cours de nos voyages dans les forêts vierges africaines, que les singes consomment au moins autant les pousses tendres de certains arbres que de fruits sauvages. Par endroits le sol est jonché de ces pousses arrachées aux arbres, reliefs de leurs repas.

Les populations primitives de l'intérieur de l'Afrique faisaient encore une assez grande consommation de pousses d'arbres, lors de nos explorations. Voici la liste des espèces d'arbres ou d'arbustes dont les pousses feuillées sont utilisées par les indigènes dans leur cuisine, les unes au Soudan dans la brousse, les autres au Congo dans la forêt vierge.

Adansonia digitata L.
Tamarindus indica L.
Boscia senegalensis DC.
Cadaba farinosa Forsk.
Pterocarpus lucens Guill. et Perr.
Cratæva Adansonii DC.
Celtis integrifolia Lamk.
Trema guineensis Schum. et Thonn.
Hymenocardia acida Tulasne.
Claoxylon oleraceum Prain.
Moringa pterygosperma Gaertn.
Prosopis juliflora Dc (introduit).
Salvadora persica L.
Lannea acida A. Rich.
Vernonia amygdalina Del.

Il est à remarquer que toutes ces espèces ont les feuilles glabres. De même

tous nos légumes dont on consomme les feuilles en salades ou comme épinards sont glabres. Le Baobab (*Adansonia digitata*), dont les feuilles entrent au Sénégal dans la préparation d'un plat analogue aux épinards, présente deux variétés, l'une à feuilles glabres et l'autre à feuilles velues. C'est uniquement la variété à feuilles glabres que l'on utilise dans la cuisine noire et que l'on vend sur les marchés. Les poils, terminés souvent en pointe ou munis de parois cellulosiques sclérifiées qui recouvrent les feuilles de certaines plantes, doivent produire des irritations sur les muqueuses buccales et intestinales, et c'est sans doute ce qui les rend incomestibles.

Les feuilles des arbres que nous venons de citer s'emploient le plus souvent hachées ou cuites, réduites en purée verte, assaisonnées de condiments divers. Elles constituent une sorte de sauce à laquelle on ajoute, si l'on en possède, des graisses ou des huiles, ainsi que des viandes ou du poisson. Cette sauce préparée, aussi bien avec des légumes verts qu'avec des jeunes feuilles d'arbres, constitue une sorte d'assaisonnement de la pâtée de manioc, de bananes cuites, de mil, de maïs, de riz. Ce sont ces derniers produits végétaux qui constituent en réalité la base de l'alimentation des peuples de couleur.

La purée verte, qui provient soit des légumes, soit des feuilles d'arbres, est accessoire et son rôle est, croyons-nous, de fournir principalement des vitamines utiles à l'organisme et des mucilages qui facilitent la digestion, mais l'apport en éléments énergétiques est des plus faibles.

Il ne faut donc pas compter sur les feuilles d'arbres pour notre alimentation, même au printemps, quand elles sont encore à la rigueur comestibles. Elles ne contiennent de protéides et de glucides qu'en quantité faible. Mieux pourvues en vitamines C et B_1 et en éléments minéraux, elles peuvent cependant jouer, quand elles sont tendres, un rôle non négligeable, mais elles ne peuvent être qu'un produit très accessoire dans la nourriture humaine en temps de famine. Du reste les Noirs regardent les feuilles d'arbres qui entrent dans leur alimentation plutôt comme des condiments; les unes sont acides et rappellent l'oseille, les autres ont des saveurs spéciales; les feuilles de *Cedrela* ont un goût alliacé. Rien ne peut remplacer ni les farineux, ni les tubercules amylacés que nous consommons habituellement.

Au cours des grandes famines survenues depuis le Moyen-Age jusqu'au XIX[e] siècle, les pays nordiques et la Russie ont parfois fait usage d'un pain fabriqué avec la farine d'écorce interne de certains arbres : Pin sylvestre, Sapin, Bouleau, Tilleul etc. C'est un produit indigeste, mais au moins ces écorces contiennent en hiver, dans le parenchyme cortical, d'importantes réserves d'amidon que l'organisme humain peut à la rigueur utiliser si l'écorce est réduite en farine très fine. Mieux vaut cependant manger du pain d'orge, de millet et même de vesce, assaisonné ou non de jeunes feuilles de hêtre, produits qui, d'après une chronique ancienne, constituèrent la nourriture de Saint Bernard et de ses moines pendant la famine de l'année 1115.

Notre conclusion est qu'il vaudrait mieux encore recourir, si le pain venait à manquer, aux tubercules et racines amylacées de culture, au Rutabaga ou même aux Betteraves à sucre et fourragères bien plutôt qu'au pain de bois et d'écorce, même assaisonné de feuilles tendres d'arbres, car ces produits peuvent délabrer l'organisme.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les effets de la régulation d'un débit aléatoire par un réservoir.* Note [1] de M. **Pierre Massé**.

Nous avons montré [2] comment il était possible, à partir de la loi de probabilité (k_n) des débits naturels et de la fonction d'utilité (U_n) des débits réglés, de déterminer la règle d'exploitation optimum d'un réservoir saisonnier, dans le schéma des périodes élémentaires *indépendantes* (cette détermination reposant essentiellement sur la considération de l'*espérance marginale* s que nous avons appris à calculer à partir des données hydrologiques et économiques du problème).

La règle d'exploitation une fois connue, le volume accumulé dans le réservoir devient une *variable aléatoire en chaîne.*

La *loi de passage élémentaire* découle de la considération des lignes de vente et des lignes de stockage, ces dernières étant directement liées à l'espérance marginale. Elle comprend une densité de probabilité de passage $K(X, Y)$ si la réserve finale est comprise entre O et M, limites exclues et deux probabilités $K_n^0(X, O)$ et $K_n^M(X, M)$ si la réserve finale est O ou M.

La *loi résultante* se déduit de la loi élémentaire par un processus d'itération linéaire découlant de l'application du théorème des probabilités composées et de celui des probabilités totales. Elle comprend, comme la loi élémentaire, une densité de probabilités $P^{(1,n)}(XY)$ et deux probabilités $P_0^{(1,n)}(X, O)$ et $P_M^{(1,n)}(X, M)$.

La *loi de probabilité des lâchures* q se déduit de celle des états Y du réservoir. Sa forme dépend du régime d'exploitation : en régime équilibré, il y a une relation biunivoque entre la lâchure d'une période et la réserve finale; en régime de stockage-limite ou de déstockage-limite la loi de probabilité des lâchures d'une période s'obtient en combinant la loi des apports naturels de la période et celle des états *initiaux* du réservoir; en régime de vente nulle ou maximum, on a affaire non plus à une densité de probabilité, mais à une probabilité qu'on obtient par une combinaison de même nature.

En économie et climat constants, la loi de probabilité (k) et les fonctions d'utilité U et u étant alors indépendantes de l'indice n de la période, la loi

---

[1] Séance du 10 juillet 1944.

[2] *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 19.

résultante $P^{(1,n)}$ tend lorsque n augmente indéfiniment vers une loi-limite P indépendante de la valeur initiale X de la réserve. Cette loi-limite comprend, comme la loi élémentaire et la loi résultante, une densité de probabilité P(Y) et deux probabilités P_0 et P_M. P(Y), P_0, P_M sont les solutions d'un système homogène ramenant à une *équation de Fredholm homogène* en P(Y). La considération du système et de l'équation associés montre que le système et l'équation considérés ont une solution non nulle.

En économie et climat cycliques, le cycle comprenant j périodes élémentaires, il y a j lois-limites. De ces lois-limites, on déduit le mouvement moyen limite du réservoir. A une certaine distance des états extrêmes du réservoir, la ligne brisée figurant ce mouvement moyen limite est voisine d'une ligne de niveau de la surface d'espérance marginale.

L'espérance totale de l'exploitant peut se calculer à partir de la loi de probabilité des lâchures du réservoir en cours d'exploitation et de la loi de probabilité des états du réservoir en fin d'exploitation.

Elle peut aussi se déterminer par une relation de récurrence analogue à la relation de récurrence des espérances marginales.

Cette relation de récurrence permet d'établir que si, en économie et climat constants, l'on part en fin d'exploitation de

$$S_0(X) = \int_0^X s_0(X)\,dX,$$

$s_0(X)$ étant l'espérance marginale limite (ou stationnaire) définie par notre première Note, on a, n périodes en arrière,

$$S_{n+1}(X) = S_0(X) + nW,$$

W étant une constante fondamentale qui mesure la valeur, rapportée à une période, de l'exploitation réglée par le réservoir.

En économie et climat cycliques, on retrouve la même propriété, les indices s'appliquant non plus aux périodes élémentaires mais aux cycles successifs.

En comparant la valeur W de l'exploitation réglée, rapportée selon le cas à une période ou à un cycle, à la valeur homologue W_0 de l'exploitation naturelle (ou au fil de l'eau), on obtient la *valeur de la régulation* $W - W_0$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Les relations de symétrie dans le problème de l'hélice; applications aux répartitions optimum.* Note (1) de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Soit une hélice à p pales de rayon R avançant à la vitesse V avec une rotation ω. Supposons que le système tourbillonnaire libre constituant le

(1) Séance du 24 juillet 1944.

sillage forme p hélicoïdes de pas égal à l'avance par tour $2\pi V/\omega$; les vitesses induites tangentielle et axiale (u et v sur la pale, $2u$ et $2v$ à l'infini aval) sont alors liées par la relation $u/v = -(\lambda/\xi)$, où $\lambda = V/\omega R$ est le paramètre de fonctionnement et $\xi = x/R$ l'abscisse relative de la section de la pale considérée. On en déduit que, si φ est le potentiel des tourbillons libres très loin en aval dans le sillage, la vitesse induite en une section de pale est $(\omega R^2/2)(\partial\varphi/\partial n)$, et il lui correspond l'angle induit $w/W = v/\omega R\xi = R(\partial\varphi/\partial n) : 2\sqrt{\lambda^2+\xi^2}$, puisque la vitesse locale résultante W est égale à $\omega R\sqrt{\lambda^2+\xi^2}$ au deuxième ordre près en u et v. Au passage de l'hélicoïde tourbillonnaire, φ a une discontinuité $\Delta\varphi$ égale à la circulation Γ, mais $\partial\varphi/\partial n$ reste continu; nous supposerons φ et Γ rapportés à ωR^2 pour être sans dimension.

L'équation du fonctionnement de l'hélice s'écrit donc, t désignant la corde relative l/R, $i(\xi)$ l'incidence géométrique locale et k la demi-pente $(1/2)\,dc_z^*/di$ caractéristique du profil considéré,

$$\Delta\varphi = kt\sqrt{\lambda^2+\xi^2}\left[i(\xi) - \frac{R}{2\sqrt{\lambda^2+\xi^2}}\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right]. \tag{1}$$

2. On sait que la solution de l'équation analogue pour l'aile portante a des propriétés de symétrie très utiles ([2]). Dans le cas de l'hélice, considérons deux répartitions φ et Φ relatives au même fonctionnement λ, mais avec des lois différentes d'incidences et de cordes (t et T, i et I), et intégrons la quantité $\varphi(\partial\Phi/\partial n) - \Phi(\partial\varphi/\partial n)$ sur la surface formée par deux plans normaux à l'axe de l'hélice et les portions de surfaces tourbillonnaires comprises entre ces deux plans. Compte tenu des propriétés évidentes de φ et Φ, on obtient

$$\int_0^1\left(\Delta\varphi\frac{\partial\Phi}{\partial n} - \Delta\Phi\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)\sqrt{\lambda^2+\xi^2}\,d\xi = 0,$$

c'est-à-dire, avec (1),

$$\int_0^1(\Delta\varphi\,\mathrm{I} - \Delta\Phi\,i)(\lambda^2+\xi^2)\,d\xi = \int_0^1\Delta\varphi\,\Delta\Phi\left(\frac{1}{\mathrm{KT}} - \frac{1}{kt}\right)\sqrt{\lambda^2+\xi^2}\,d\xi. \tag{2}$$

Dans le cas où les deux répartitions correspondent à la même loi de corde et au même k, l'intégrale au premier membre est nulle. La solution de (1) pouvant être mise sous la forme

$$\Delta\varphi = \int_0^1 f(\xi,\eta)(\lambda^2+\eta^2)\,i(\eta)\,d\eta, \tag{3}$$

on en déduit immédiatement que la fonction f est symétrique en ξ et η.

([2]) L. Malavard, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 105.

Éliminant $i(\xi)$ entre (1) et (3), on établit une relation de la forme

$$\Delta\varphi(\xi)\sqrt{\lambda^2+\xi^2}=\int_0^1 g(\xi,\eta)\frac{\partial\varphi(\eta)}{\partial n}\,d\eta, \tag{4}$$

où g est encore symétrique.

3. Ces résultats permettent de retrouver très simplement la loi de vitesses induites donnant une perte d'énergie minimum (Betz); les coefficients caractéristiques de traction, de couple et d'énergie dissipée sont, en négligeant la résistance de profil,

$$C_T=2p\int_0^1\left(\xi-\frac{\lambda v}{\omega R\xi}\right)\Gamma(\xi)\,d\xi,\qquad C_Q=2p\int_0^1\left(\lambda+\frac{v}{\omega R}\right)\xi\Gamma(\xi)\,d\xi,$$

$$C_E=C_Q-\lambda C_T=2p\int_0^1\frac{\lambda^2+\xi^2}{\xi}\,\frac{v}{\omega R}\Gamma(\xi)\,d\xi.$$

A une répartition voisine $\Gamma+\delta\Gamma$ correspondent des variations des coefficients précédents, et, pour une traction donnée, C_E sera minimum si $\delta C_E-2\theta\,\delta C_T=0$, θ étant une constante. δC_E introduit deux intégrales contenant l'une $v\,\delta\Gamma$, l'autre $\Gamma\,\delta v$, mais, compte tenu de (4) et de la symétrie de g, on voit que ces intégrales sont égales, d'où

$$\delta C_E=4p\int_0^1\frac{\lambda^2+\xi^2}{\xi}\,\frac{v}{\omega R}\,\delta\Gamma\,d\xi.$$

Par contre il est impossible de ramener l'un à l'autre les deux termes figurant dans δC_T et δC_Q provenant du produit $v\Gamma$. Cette difficulté disparaît lorsqu'on néglige (comme dans la démonstration de Betz) les termes de C_T et C_Q dépendant des vitesses induites, ce qui est pratiquement acceptable (cf. pour $p=\infty$, A. Toussaint, *Théorie et calcul des hélices d'aviation*, 1938, p. 27). Dans ces conditions, l'extremum s'écrit

$$\int_0^1\left(\frac{\lambda^2+\xi^2}{\xi}\,\frac{v}{\omega R}-\theta\xi\right)\delta\Gamma\,d\xi=0,$$

soit $v/\omega R=\theta\xi^2/(\lambda^2+\xi^2)$. La loi $\Gamma(\xi)$ correspondant à cette répartition de vitesse induite, pour un nombre p fini, a été déterminée par Goldstein [3].

4. Revenons à la formule (2) dans le cas de cordes différentes; la solution $\Delta\Phi$ étant donnée par une formule analogue à (3) avec le noyau F remplaçant f, on montre que

$$F(\xi,\eta)=f(\eta,\xi)+\int_0^1\left[\frac{1}{R\,l(\zeta)}-\frac{1}{KT(\zeta)}\right](\lambda^2+\xi^2)(\lambda^2+\eta^2)\sqrt{\lambda^2+\zeta^2}\,F(\xi,\zeta)f(\zeta,\eta)\,d\zeta,$$

d'où, comme dans le cas de l'aile, le passage de f à F [4].

(3) *Proc. Roy. Soc. London*, **123**, 1929, p. 440.

(4) *Loc. cit.* (1); voir aussi J. Pérès, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 629.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Au sujet de la détermination du nombre d'octane.* Note de M. **Jean Dumanois**, présentée par M. Albert Caquot.

La détermination du nombre d'octane d'une essence se fait en utilisant un moteur expérimental standard pour comparer le carburant étudié à un mélange d'heptane et d'isooctane donnant la même détonation dans des conditions expérimentales bien définies. Ce nombre d'octane n'est donc théoriquement valable que pour ce type de moteur et ces conditions expérimentales. Pratiquement les résultats obtenus ne s'écartent pas trop de la réalité. Il n'en est pas de même pour les hauts nombres d'octane qui seront de plus en plus employés. De plus le moteur standard est coûteux et son fonctionnement nécessite une quantité relativement importante de carburant, ce qui rend difficile son utilisation pour l'étude de carburants nouveaux, produits en laboratoire.

Or, pour des essences employées comme carburant à haut nombre d'octane, le nombre d'octane est fonction linéaire du nombre de cétène (1).

D'autre part, le nombre de cétène est lié au délai d'allumage D par la relation hyperbolique $C(D-L)=K$, C étant le nombre de cétène, L et K des constantes pour des conditions expérimentales données (2).

Ces propriétés ont d'ailleurs été utilisées par divers expérimentateurs qui mesurent le délai d'allumage d'une essence introduite dans une enceinte chauffée uniformément.

En réalité, pour avoir des résultats comparables à ceux obtenus sur moteur, il est nécessaire que le combustible soit soumis dans l'enceinte aux mêmes réactions d'oxydation que dans le moteur, en particulier en ce qui concerne la turbulence et les points chauds, dont l'influence est fondamentale.

On peut arriver à ce résultat en employant une enceinte torique chauffée uniformément, comportant intérieurement une résistance électrique, telle une bougie d'allumage de moteur Diesel, jouant le rôle de point chaud de la soupape d'échappement. Le combustible est introduit tangentiellement au tore par un jet d'air comprimé par un dispositif analogue à une aiguille de moteur Diesel.

La levée de l'aiguille d'injection ferme un circuit électrique qui est ouvert par un dispositif sensible au gradient de pression. On a ainsi la mesure du délai d'allumage.

On dispose donc des paramètres suivants :

la pression initiale dans la chambre,
la température du point chaud,
la température à l'intérieur de l'enceinte,
la richesse par le dosage de la quantité d'essence introduite,
la turbulence par la valeur de la pression d'injection et de la levée de l'aiguille.

---

(1) P. Dumanois, *Comptes rendus,* 196, 1933, p. 1003.
(2) P. Dumanois et Debrosse, *ibid.*, 204, 1937, p. 904.

Ce dispositif permet donc de mesurer le temps qui s'écoule entre le début de l'injection du combustible et son allumage, et par là d'en déduire, une fois l'appareil étalonné pour des conditions expérimentales bien déterminées, le nombre d'octane du combustible considéré, et ceci en fonction des paramètres essentiels qui interviennent dans les phénomènes d'oxydation préalable à la combustion, cause de la détonation.

En agissant sur ces différents paramètres, on peut reproduire les conditions de fonctionnement de n'importe quel moteur, et ainsi étudier le comportement d'un combustible dans différents moteurs.

On peut, d'autre part, en faisant varier indépendamment chacun de ces paramètres, étudier systématiquement l'influence de chacun d'eux sur la détonation.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Production, par une méthode purement physique, d'un flux continu d'air dépoussiéré et parfaitement stérile.* Note ([1]) de M. **Henri Corblin**, présentée par M. Aimé Cotton.

On connaît depuis longtemps ([2]) la propriété qu'ont les corpuscules en suspension dans l'air humide de jouer le rôle de noyaux de condensation lorsque cet air, refroidi de façon homogène par détente adiabatique, devient sursaturé.

Dès 1888, Aitken ([3]) mettait au point un appareil dans lequel cette propriété était utilisée pour provoquer la précipitation des poussières et permettre leur numération.

Le même phénomène de condensation de l'eau sur les poussières se produit également au voisinage d'une paroi dont la température est inférieure au point de rosée, et il précède la fixation des corpuscules, ainsi enrobés d'eau, sur la couche d'eau liquide ou de givre qui se dépose sur la paroi froide ([4]).

J'ai pensé que, pour tirer parti de ce phénomène en vue de provoquer une précipitation rapide des poussières et des germes microbiens, il fallait d'abord enrichir fortement l'air en vapeur d'eau, chose que l'on ne peut obtenir qu'à la condition d'élever notablement la température, et il m'est alors apparu que, en élevant suffisamment cette température, il était possible d'obtenir, en même temps, une destruction totale des germes microbiens.

Comme l'échauffement de l'air à purifier et la vaporisation de l'eau ajoutée, d'une part, le refroidissement consécutif de l'air chaud et la condensation de la

([1]) Séance 17 juillet 1944.

([2]) Coulier, *Journal de Pharmacie*, 22, 1875, p. 165.

([3]) *Collected Scientific papers*, 1888, p. 186.

([4]) Tous les frigoristes savent bien que les poussières et les germes, contenus dans l'atmosphère d'une chambre froide, s'accumulent dans le givre qui recouvre la surface réfrigérante.

vapeur en excès, d'autre part, mettent en jeu des quantités de chaleur sensiblement équivalentes en valeur absolue, un tel processus peut se réaliser moyennant une faible consommation d'énergie calorifique, pourvu que ces deux groupes de transformations soient effectués dans les deux éléments d'un échangeur de chaleur de surface suffisante.

J'ai réalisé sur ce principe un premier appareil dans lequel l'air traité est aspiré par un ventilateur qui le refoule sous une légère pression avec de l'eau pulvérisée à raison de 150 g/m^3 dans un échangeur de chaleur où il est échauffé par l'air en retour qui a été porté à 150°; l'eau pulvérisée que cet air neuf contient se vaporise, puis le mélange gazeux ainsi obtenu passe dans un gros tube situé dans l'axe d'une citerne métallique dans laquelle il débouche. Ce gros tube renferme des radiateurs dont le rôle est de porter la température du mélange air-vapeur à 150°. Ce mélange, dans lequel la pression partielle de la vapeur est égale environ au cinquième de la pression totale, séjourne dans la citerne, à la température de 150°, pendant une minute environ; tous les germes microbiens sont ainsi détruits. Le mélange repasse ensuite dans l'échangeur; il s'y refroidit et une condensation abondante engendre, sans l'intervention de filtres, la précipitation des poussières et des germes morts. Par suite de cette précipitation, les tubes de l'échangeur ont tendance à s'encrasser; il suffit, pour les nettoyer, de les laver, après un certain temps de marche, avec une solution détersive convenable.

L'ensemble de l'appareil est isolé thermiquement au moyen d'une couche épaisse de liège.

Les résultats obtenus ont été contrôlés par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris.

Diverses expériences ont été effectuées dans un atelier avec un air plus ou moins chargé de poussières et de germes ([5]). Elles ont toutes donné, pour l'air traité, les résultats suivants :

Bactéries (par mètre cube).........	0
Moisissures..........................	0
Poussières...........................	0^{mg},08 environ

De plus, le condensat recueilli à la sortie de l'échangeur a été reconnu parfaitement stérile.

On obtient donc ainsi un air qui, tout en ne renfermant aucun constituant anormal nuisible ([6]), est rigoureusement stérile et à peu près totalement dépoussiéré.

([5]) Les teneurs initiales en poussières ont varié de 2,7 à 40 mg/m^3 et les teneurs initiales en germes ont varié de 2300 à 11900 par mètre cube.

([6]) Il n'en serait pas ainsi si l'on employait la haute tension pour la précipitation des poussières, ce procédé ayant pour inconvénient de provoquer la formation d'ozone et d'oxydes d'azote.

Ces résultats sont très supérieurs à ceux que donnent les dispositifs habituels de conditionnement d'air ([7]); il n'est pas douteux qu'ils présentent un grand intérêt en chirurgie, en médecine, dans certains laboratoires, et dans diverses industries où la pureté de l'atmosphère a une importance primordiale.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur l'affaiblissement des ondes de haute-fréquence le long d'une ligne triphasée symétrique électriquement longue.* Note de M. **André Chevallier**.

Les équations de propagation le long d'une ligne triphasée symétrique électriquement longue, attaquée entre la phase 1 et la terre par une tension U_1 ([1]) lorsque les phases 2 et 3 sont fermées sur des impédances Z_2, permettent de déterminer l'impédance à l'émission Z_e de cette phase

$$Z_e = \left(\frac{V_1}{I_1}\right)_{x=0} = \frac{3ZZ_0 + Z_2(2Z + Z_0)}{Z + 2Z_0 + 3Z_2}.$$

La puissance à l'émission est

$$P_e = \frac{U_1^2}{Z_e}.$$

La ligne à une grande distance l de l'origine (de l'ordre de 80^{km} pour une fréquence de 100 Kc) se comporte comme un générateur de force électromotrice

$$e = \frac{6n}{1+2n} U_1 e^{-\alpha l},$$

où α est la constante d'affaiblissement triphasée, et d'impédance interne

$$Z_c = \frac{3}{2} Z.$$

Si la phase 1 est fermée sur une impédance Z' (impédance utile) et si les phases 2 et 3 sont fermées sur des impédances égales Z_3, la puissance utile à la réception sera

$$P_u = Z' \frac{e^2}{\left(\frac{3}{2}Z + Z' + \frac{Z_3}{2}\right)^2}.$$

([7]) Les appareils de lavage et de filtration, que renferment ces dispositifs, ne retiennent qu'une partie des germes et ne détruisent pas les germes retenus; il en résulte cet inconvénient que, si ces appareils ne sont pas fréquemment nettoyés, ils peuvent devenir plus dangereux qu'utiles.

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 89.

L'affaiblissement α_t introduit entre l'émetteur et le récepteur sera

$$\alpha_t = \alpha l + \log_e \frac{1+2n}{3n} + \frac{1}{2}\log_e \frac{1}{4}\frac{\left(\frac{3}{2}Z + Z' + \frac{Z_3}{2}\right)^2}{Z_e Z'};$$

αl est l'affaiblissement propre de la ligne;

$\log_e (1+2n)/3n$ est l'affaiblissement introduit du fait de la charge à l'origine de la ligne.

$(1/2)\log_e(1/4)[(3/2)Z + Z' + (Z_3/2)]^2/Z_e Z'$ est l'affaiblissement introduit du fait de la charge à l'extrémité réceptrice de la ligne.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Magnétochimie et mésomérie.* Note (¹) de M. **Adolphe Pacault.**

Pascal a montré, dès 1912, que la susceptibilité moléculaire d'un composé organique pouvait être calculée au moyen d'une systématique qu'il a établie. Elle introduit, pour les carbures aromatiques isocycliques ou hétérocycliques, la notion de carbones polynucléaires, pour lesquels il faut définir les incréments particuliers :

Carbone mononucléaire..............	$-0,24.10^{-6}$
» dinucléaire..................	$-3,07$
» trinucléaire.................	$-4,03$

Nous avons étudié un certain nombre de ces carbures préparés ou purifiés très soigneusement par M. Buu-Hoï.

En accord avec les calculs de la Mécanique ondulatoire, nous avons été amené à considérer, pour chacun d'eux, différentes structures mésomères. Parmi celles-ci la magnétochimie isole deux groupes de structures importantes : les structures de Kékulé (K.) et les structures de Dewar (D.), ces dernières étant représentées avec une liaison centrale de Dewar. L'accolement de deux noyaux benzéniques K fait intervenir du point de vue magnétochimique deux carbones dinucléaires, alors que l'accolement d'un noyau K et d'un noyau D ne fait plus intervenir que deux carbones mononucléaires. Le noyau D n'a plus les propriétés magnétiques d'un cycle benzénique. Il introduit une dépréciation du diamagnétisme.

Nous donnons dans le tableau suivant les valeurs $K_{K.}$ et $K_{D.}$, calculées suivant les indications précédentes, des susceptibilités moléculaires des structures K et des structures D de chaque hydrocarbure, ainsi que la valeur expérimentale K_M rapportée à l'eau ($K_s = -0,72.10^{-6}$). Les susceptibilités sont exprimées au facteur -10^{-6} près.

(¹) Séance du 26 juin 1944.

Carbures aromatiques isocycliques.

	K_K.	K_D.	K_M.
β-méthylnaphtalène	103,4	97,2	103,1
1.6-diméthylnaphtalène	115,2	109,1	113,3
Acénaphtène	109,4	103,2	109,3
Cyclohexylacénaphtène	172,2	165,6	165,2
Anthracène	128,0	116,0	123,0
1.2-benzanthracène	164,5	152,7	153,7
1.2.5.6-dibenzanthracène	201,0	189,1	188,8
Pyrène	148,0	140,0	145,6
Pérylène	171,3	164,7	163,5

Carbures aromatiques hétérocycliques.

Acridine	123,4	118,1	127,0
9-diéthylméthylacridine	182,7	171,1	181,0
9-phénylpropylacridine	206,7	195,1	193,4
9-méthylbenzacridine	171,7	160,2	163,8
1.2.5.6-dibenzacridine	197,3	185,8	186,4

La magnétochimie permet donc de déceler les formes mésomères prédominantes. Il n'y a pas là simple coïncidence numérique, car on peut suivre, au cours du temps, l'évolution des équilibres mésomériques.

Le méthylcholanthrène et le benzopyrène ont également été étudiés; mais nous réservons ces mesures, le premier présentant une diminution du diamagnétisme un peu trop forte et le second une exaltation actuellement unique et que rien n'explique.

Signalons que certains caractères biologiques importants de ces hydrocarbures semblent liés à l'existence des structures Dewar.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du spectre d'absorption ultraviolet des solutions de bromure de potassium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.* Note de Mlle **Jacqueline Doucet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Après l'étude de l'absorption ultraviolette des solutions de chlorure de sodium et d'iodure de potassium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde (1)(2), j'ai entrepris des recherches analogues sur le bromure de potassium.

J'ai opéré par spectrophotométrie photographique. J'ai employé une cuve coulissante de Baly, placée dans un montage en lumière approximativement parallèle, pour les épaisseurs comprises entre 0,05 et plusieurs centimètres. Pour les épaisseurs plus faibles, allant jusqu'à quelques microns, le liquide est

(1) J. Doucet et B. Vodar, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 996.
(2) J. Doucet, *ibid.*, 216, 1943, p. 198.

introduit entre deux lames de quartz formant une cuve en coin d'angle variable (³).

Le bromure étudié a été purifié avec le plus grand soin par plusieurs précipitations microcristallines successives, par addition, dans sa solution aqueuse, d'alcool tridistillé sous l'azote. Bien que l'absorption due aux ions Br_3^- soit peu gênante, j'ai quand même évité leur formation en hydrogénant catalytiquement la solution de bromure avant de la traiter par l'alcool et en effectuant toutes les manipulations sous atmosphère d'azote. Les solutions dans l'eau lourde sont préparées et étudiées à l'abri de l'humidité atmosphérique. Dans tous les cas, le titre des solutions a été déterminé par pesée.

J'ai mesuré, à la température de 20°, les coefficients d'extinction et les coefficients d'extinction moléculaires des solutions de bromure de titres 0,00024, 0,0006, 0,001, 0,002, 1/3, 2 et 5 mol/l, dans un domaine spectral compris entre 2400 et 2000 Å pour les solutions dans l'eau ordinaire et entre 2200 et 2000 Å pour les solutions dans l'eau lourde.

Les résultats obtenus sont analogues à ceux trouvés pour le chlorure de sodium et l'iodure de potassium.

Pour les solutions dans l'eau ordinaire comme pour les solutions dans l'eau lourde, le coefficient d'extinction augmente au fur et à mesure que la longueur d'onde diminue. Cet accroissement devient rapidement considérable au voisinage immédiat de la bande d'absorption où les spectres présentent un bord très abrupt.

De plus, *les solutions dans l'eau lourde sont plus transparentes que les solutions dans l'eau ordinaire*. Le bord de la bande d'absorption semble déplacé, dans le cas des solutions dans l'eau lourde, vers les courtes longueurs d'onde. Suivant la longueur d'onde et la concentration, ce déplacement varie entre 20 et 30 Å. Il est du même ordre de grandeur que celui observé pour les solutions de chlorure de sodium et d'iodure de potassium [notons que pour ces dernières, comme me l'ont montré des mesures récentes refaites avec une nouvelle ampoule d'eau lourde, le déplacement est plus grand que celui signalé antérieurement (²), qui correspondait à des mesures effectuées sur de l'eau lourde usagée, probablement transformée partiellement en eau ordinaire]. Cette différence de transparence peut être attribuée soit à la différence des énergies de zéro des molécules D^2O et H^2O, soit au fait que les amas formés par l'ion Br^- et les molécules d'eau annexées sont plus restreints dans le cas de D^2O que dans celui de H^2O. Cela s'expliquerait par l'encombrement plus grand des molécules D^2O, ou par un emplacement différent du dipôle, moins accessible dans D^2O.

En ce qui concerne la loi de Beer, elle est approximativement vérifiée pour les solutions de titres 0,00024, 0,0006, 0,001 et 0,002 mol/l, c'est-à-dire pour

---

(³) G. Delivre, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1942.

les solutions de faible concentration. Mais il n'en est plus de même pour les solutions concentrées pour lesquelles la loi de Beer est loin d'être exacte. Le coefficient d'extinction moléculaire est d'autant plus faible que la concentration est plus grande. Cela peut s'interpréter par la théorie de la solvatation des ions, conformément aux idées développées par M. E. Darmois ([1]) : dans les solutions étendues de bromure, l'ion Br^- est certainement hydraté, et une molécule H^2O ou D^2O voisine de l'ion peut capter l'électron libéré par absorption du quantum lumineux. Quand le titre de la solution augmente, le nombre de molécules d'eau disponibles diminue. A partir d'une certaine concentration, on peut admettre que les ions Br^- ne sont plus tous hydratés et que, pour atteindre une molécule H^2O ou D^2O, l'électron demande une énergie moyenne plus grande, d'où recul de la bande d'absorption vers les courtes longueurs d'onde.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'électrophorèse dans un tube capillaire.* Note de M. **Max Viscontini**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Lorsque, dans un tube capillaire, une particule électriquement chargée est soumise à l'influence d'un champ électrique, elle se déplace sous l'effet des forces électrostatiques, tandis que le liquide subit de son côté un déplacement sous l'effet de l'osmose électrique. Si nous appelons u_r la vitesse apparente de la particule située à la distance r de l'axe du tube, U sa vitesse d'électrophorèse, w_r la vitesse de l'osmose électrique au point où se trouve la particule, les trois vitesses u_r, U et w_r sont reliées par l'équation

$$u_r = U + w_r.$$

Pour des tubes capillaires horizontaux, dans lesquels il n'existe aucune perte de charge, les équations de l'hydrodynamique montrent que la vitesse w_r due à l'osmose électrique est constante pour tous les points d'une section droite, qu'elle est indépendante du rayon du tube, et qu'elle est proportionnelle au champ électrique.

En outre, l'étude expérimentale de l'électrophorèse microbienne que j'ai effectuée dans de tels tubes montre que, tout comme pour l'osmose électrique, la vitesse apparente du déplacement u_r est indépendante du rayon du tube capillaire et de la position du microbe à l'intérieur du tube, et qu'elle est proportionnelle au champ électrique. On en déduit que, quel que soit le tube capillaire employé, la vitesse d'électrophorèse U d'une suspension microbienne est proportionnelle au champ électrique, et par conséquent à la charge électrique portée par le microbe.

L'application de l'équation $u_r = U + w_r$ au tube capillaire dans lequel il

([1]) *Progrès récents dans l'étude de la structure des solutions électrolytiques*, Paris, 1939, p. 32.

existe une perte de charge constante P, et que j'ai décrit dans une Note précédente ([1]), fournit un moyen de calculer la vitesse absolue d'électrophorèse des microbes, leur mobilité et, par suite, la valeur relative de la densité de la charge électrique répartie sur leur surface. En effet, dans un tel tube, la vitesse de l'osmose électrique w_r est donnée par l'équation

$$w_r = \frac{\rho g h}{4\eta L}\left(r^2 - \frac{R^2}{2}\right).$$

On en déduit que la vitesse due à l'osmose électrique le long des parois est égale et opposée à la vitesse due au reflux du liquide sur l'axe du tube. Cette vitesse

$$w_0 = \frac{\rho g h R^2}{8\eta L}$$

peut être connue puisque tous les éléments ρ, g, h, η, R et L de l'équation sont calculables. D'autre part la vitesse apparente de déplacement u_0 des microbes sur l'axe peut être mesurée à l'aide d'un chronomètre et d'un microscope muni d'un micromètre oculaire. Il suffit d'appliquer l'équation $U = u_0 - w_0$ pour obtenir la vitesse d'électrophorèse et, si l'on connaît la valeur du champ électrique, la mobilité des microbes.

Les expériences, effectuées sur une même suspension microbienne de *Salmonella typhimurium* dans des tubes capillaires différents, ont montré que, dans tous les cas, les mobilités calculées étaient les mêmes, aux erreurs d'expérience près. Voici les résultats relatifs à deux de ces tubes capillaires.

Tube capillaire n° 1. — Diamètre 116^{μ}; longueur 52^{mm}.

Différence de potentiel appliquée entre les électrodes en volts	43	30	20	6,6
Déplacement h du ménisque en μ	480	–	–	–
Moyenne de 10 mesures de déplacement microbien sur l'axe; 440^{μ} sont parcourus (en sec.)	6,48	9,10	13,96	43,6
u_0 en μ : sec	68	48	31	10
w_0 en μ : sec	38	26,5	17,5	6
U en μ : sec	30	21,5	13,5	4
Mobilités en μ : seconde par volt : centimètre	3,6	3,7	3,5	3,2

Tube capillaire n° 3. — Diamètre 300^{μ}; longueur 55^{mm}.

Différence de potentiel appliquée entre les électrodes en volts	125	43	20	6,6
Déplacement h du ménisque en μ	190	–	–	–
Moyenne de 10 mesures de déplacement microbien sur l'axe; 440^{μ} sont parcourus (en sec.)	2,66	7,12	15,06	46
u_0 en μ : sec	165	62	29	9,5
w_3 en μ : sec	96	33	15,5	5
U en μ : sec	69	29	13,5	4,5
Mobilités en μ : seconde par volt : centimètre	3,0	3,7	3,7	3,8

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 92.

L'emploi des tubes capillaires horizontaux terminés par un tube capillaire vertical permet donc d'effectuer des mesures exactes de mobilité microbienne. On peut constater expérimentalement que ces mesures ne sont possibles que lorsque l'écoulement du liquide se fait suivant le régime laminaire. Pour cela, on ne doit pas utiliser des champs électriques trop forts ou des tubes capillaires trop étroits. Les meilleures mesures sont effectuées avec des tubes capillaires de 300^{μ} de diamètre et des champs électriques de l'ordre de 4 v:cm.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chlorhydrine de l'o-anisyl-1 propanediol-2.3.* Note de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue de nos recherches sur les conditions de formation des hétérocycles oxygénés nous avons été amené à préparer la chlorhydrine

$$\underset{(1)}{CH^3O.}C^6H^4.CH^2.CHOH.\underset{(2)}{CH^2Cl},$$

soit par condensation de l'épichlorhydrine avec l'*o*-bromoanisylmagnésium, soit par fixation de ClOH sur l'o-allylanisol.

I. La condensation magnésienne, effectuée comme à l'ordinaire, nous a fourni, avec un rendement d'environ 25 à 30 %, un liquide incolore, visqueux, bouillant avec une légère décomposition à 164-166° sous $10^{mm},5$. Il a été impossible de le purifier complètement. Les constantes, observées pour l'*o-anisyl-1 chloro-3 propanol-2*, $C^{10}H^{13}O^2Cl$ sont D_{16}^{9} 1,202; n_D^{9} 1,5515.

Chauffé en tube scellé, à 140-150°, pendant 8 heures, avec un poids égal de diéthylamine, il donne, avec un rendement excellent, le *diéthylamino-1 o-anisylpropanol-2*

$$\underset{(1)}{CH^3O.}C^6H^4.CH^2.CHOH.CH^2.\underset{(2)}{N(C^2H^5)^2},$$

liquide clair et visqueux, $É_{8,5}$ 172-174°; D_{16}^{6} 1,020; n_D^{6} 1,5166 (N % tr. 6,04; calc. 5,90).

Cet aminoalcool réagit avec échauffement marqué sur le chlorure de benzoyle sans donner de produit cristallisé. Son picrate est huileux.

II. L'*o*-allylanisol se prépare avec un rendement de 90 %, en traitant l'allylphénol par le sulfate diméthylique en milieu alcalin. Il fixe lentement ClOH en laissant déposer une huile ambrée et complexe. Par distillation de cette huile sous $9^{mm},5$, on isole, à partir de 160^g d'*o*-méthoxyallylbenzène :

a. une faible quantité de chlorométhyl-2 coumarane identifié par ses constantes et par sa transformation en *o*-allylphénol sous l'action de Na en poudre [1];

b. à 140-150° une fraction principale (environ 100^g);

c. et à 150-170° une huile (env. 20^g).

[1] H. Normant, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 683.

La fraction (*b*) est un mélange de monochlorhydrine et de dichlorhydrine difficiles à obtenir pures par distillation fractionnée. On y arrive plus facilement par benzoylation pyridinée et l'on sépare ainsi l'*o-anisyl-*1 *dichloro-*2.3 *propane*

$$\underset{(1)}{CH^3O.C^6H^4}.CH^2.CHCl.\underset{(2)}{CH^2Cl.}$$

C'est un liquide incolore, un peu visqueux, bouillant à 144-145° sous $8^{mm},5$; D^6_{16} 1,242; n^6_D 1,5511 (Cl % tr. 32,30; calc. 32,38).

Chauffé avec la diéthylamine, il perd son chlore et donne un liquide distillant en grande partie à 159-160° sous $8^{mm},5$; D^5_{16} 0,980 (N % tr. 7,70), constitué probablement par un mélange de diamine et des amines éthyléniques stéréoisomères, $C^{14}H^{21}ON$, soit

$$CH^3O.C^6H^4.CH:CH.CH^2.N(C^2H^5)^2 \quad (N\ \%\ calc.\ 6,39).$$

Ce mélange, traité par l'acide picrique, laisse déposer des aiguilles, qui, recristallisées dans l'alcool, fondent à 124° (proj.) (N % tr. 12,67; calc. pour l'amine éthylénique 12,50).

Le benzoate de la monochlorhydrine fournit, en tête de distillation, vers 200°, sous 9^{mm}, une faible quantité d'un produit cristallisé en fines aiguilles (alcool) F 43-44°, privé de chlore et qui n'a pas été identifié.

La fraction (*b*), chauffée avec une solution aqueuse et concentrée de HOK, conduit à un mélange d'*o*-anisyl-1 époxy-2.3 propane et d'*o*-anisyl-ω chloropropène qu'on résout par ébullition avec un excès d'alcool et une trace de SO^4H^2. L'*o-anisyl-ω chloropropène*, $C^{10}H^{11}OCl$, soit

$$\underset{(1)}{CH^3O.C^6H^4}.CH^2.\underset{(2)}{CH:CHCl,}$$

est un liquide bouillant à 116° sous $9^{mm},5$; D^9_{16} 1,153; n^9_D 1,5533.

Cettte même fraction (*b*), traitée par HOK alcoolique, donne un mélange formé d'un éther cinnamique

$$\underset{(1)}{CH^3O.C^6H^4}.CH:CH.\underset{(2)}{CH^2OC^2H^5} \quad (C^{12}H^{16}O^2),$$

semble-t-il (dont l'étude est poursuivie) et de l'*o-anisyl-*1 *éthoxy-*3 *propanol-*2 ($C^{12}H^{18}O^3$), soit

$$\underset{(1)}{CH^3O.C^6H^4}.CH^2.CHOH.\underset{(2)}{CH^2OC^2H^5,}$$

liquide incolore, visqueux, d'odeur agréable, présentant les constantes suivantes : $É_9$ 150-151°; D^8_{16} 1,084; n^8_D 1,5393.

Quant à la fraction (*c*) ($É_{9,5}$ 150-170°), elle renferme surtout la chlorhydrine primaire, comme le montre sa transformation en aminoalcool.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la détermination de la carboxyréactivité des combustibles.* Note de MM. **Henri Guérin** et **Marcel Dupoizat**, présentée par M. Paul Lebeau.

La gazéification des combustibles fait intervenir les réactions :

(I) $C + O^2 = CO^2 \quad + 94^{cal},$

(II) $C + CO^2 = 2CO \quad - 39,$

(III) $C + OH^2 = CO + H_2 - 31.$

A cette dernière se superposent diverses réactions secondaires dont la plus importante est

(IV) $CO + OH^2 = CO^2 + H^2 + 9^{cal},8.$

Les vitesses des réactions (I), (II) et (III) dépendent essentiellement de la nature du combustible utilisé, qui agit d'ailleurs catalytiquement sur la vitesse de la réaction (IV).

On est donc amené à considérer, pour chaque échantillon, trois caractéristiques : l'*oxyréactivité*, la *carboxyréactivité* et l'*hydroréactivité* définies comme les vitesses avec lesquelles il réagit dans des conditions bien déterminées avec l'oxygène, l'anhydride carbonique et la vapeur d'eau.

Les diverses méthodes décrites en vue de l'évaluation de la carboxyréactivité [1] consistent à faire passer, à travers un certain volume de charbon, d'une granulométrie donnée, et porté à une température déterminée, un courant d'anhydride carbonique de débit connu et à analyser les gaz résultants. On peut alors calculer la quantité de CO^2 transformé pendant le temps durant lequel les gaz sont en contact avec le combustible, c'est-à-dire en fait la vitesse de la réaction (II).

Aucun des modes opératoires décrits ne s'est imposé jusqu'ici, et certains auteurs dénient toute signification pratique aux résultats qu'ils permettent d'obtenir.

Sans omettre les erreurs systématiques, dues à une élimination incomplète des matières volatiles, à la réalisation d'un débit irrégulier ou à l'exécution incorrecte des analyses de gaz, qui entachent un trop grand nombre de ces résultats, cet insuccès tient principalement au fait que ces essais n'ont pas toujours été effectués dans des conditions (θ, p, durée de contact etc.) aussi voisines que possible de celles qui caractérisent les appareils d'utilisation. Dès lors, étant donné le caractère essentiellement relatif des résultats obtenus, le classement des combustibles, que l'on déduit de ces expériences de laboratoire, peut être très éloigné de celui qui résulte de leur emploi dans des appareils

---

(1) Henri Guérin, *Le problème de la réactivité des combustibles solides*, Paris, 1945 (note ajoutée à la correction).

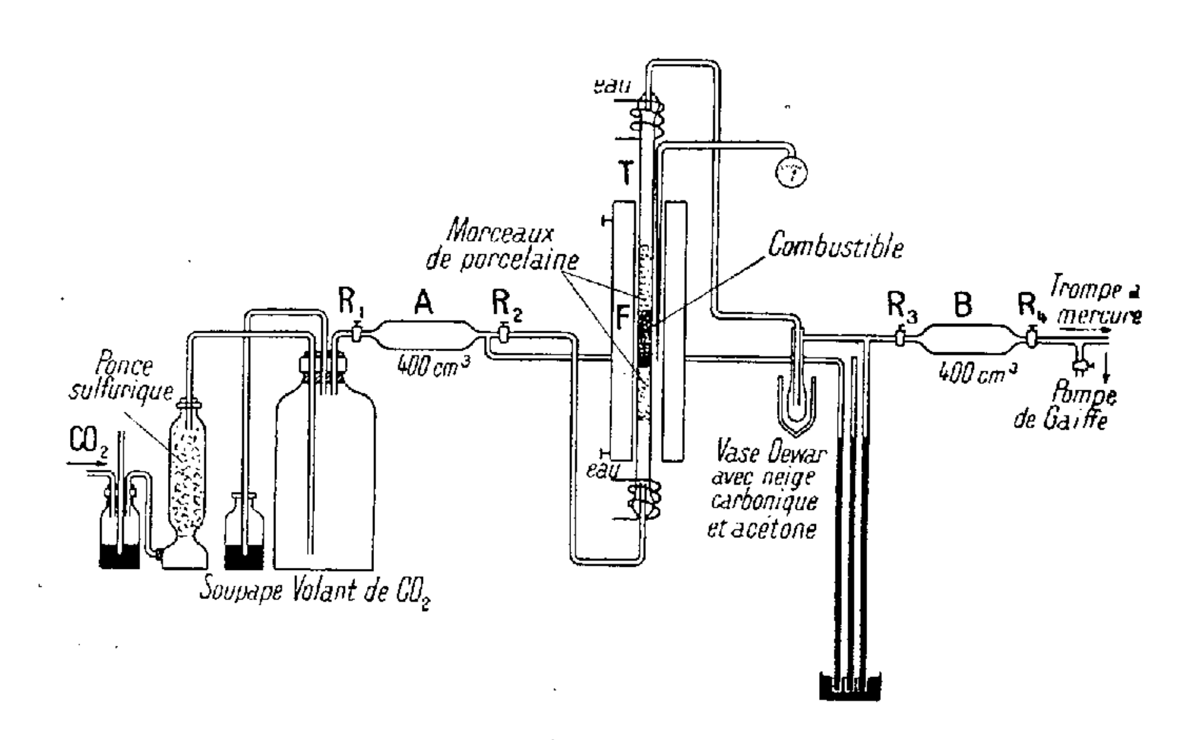
aussi différents qu'un haut-fourneau, qu'un gazogène fixe ou mobile, qu'une grille domestique etc.

C'est en tenant compte de ces considérations que nous avons mis au point l'essai suivant :

On fait passer sur un certain volume du combustible étudié, maintenu et *parfaitement dégazé* à une température θ, un volume déterminé d'anhydride carbonique, l'appareil étant tel que *l'écoulement du gaz s'opère, d'une opération à l'autre, d'une façon toujours identique* et que la *durée de contact* soit *de l'ordre de celle qui caractérise les appareils d'utilisation.*

L'appareil schématisé ci-dessous est adapté à l'étude des combustibles pour gazogènes à moteur.

Mode opératoire. — On opère sur 10^{cm^3} de charbon passant au tamis de 20 mailles au pouce carré et refusé au tamis 40. R_2 étant fermé, on fait le vide dans la partie de droite de l'appareil; l'échantillon, placé dons la zone de



chauffe homogène du four électrique, est porté à 800° en une heure, tandis que l'on extrait les gaz dégagés. Après une chauffe de 30 minutes, à 800°, le départ des matières volatiles est pratiquement terminé à cette température. On ferme R_4, puis, ayant rempli l'ampoule A de CO^2, R_1.

On procède alors à une détermination : on ouvre R_2, le gaz passe sur le charbon et l'équilibre s'établit en une vingtaine de secondes, soit une durée moyenne de contact de l'ordre de 0,05 seconde. On ferme aussitôt R_3, puis R_2 et l'on prélève un échantillon des gaz de B ([2]).

On effectue deux autres essais à 800°.

Durant les 15 minutes qui suivent, on porte le charbon à 900° tout en faisant

([2]) On peut objecter que la vitesse de passage des gaz sur le charbon n'est pas constante. En utilisant une ampoule B d'une capacité beaucoup plus grande que A, et en ne maintenant ouvert R_2 qu'un temps très court, il est possible d'obtenir une vitesse d'écoulement beaucoup moins variable.

le vide; après 30 minutes de chauffe à cette température, l'on procède à trois expériences à 900°. On opère de même à 1000 et 1100°.

Sur les gaz prélevés, on dose CO^2 et CO.

On peut exprimer la carboxyréactivité à chaque température, soit par le pourcentage d'anhydride carbonique réduit, soit par $R' = \text{Log}\,100/(CO^2)_t$, où $(CO^2)_t$ représente la concentration en CO^2 dans le mélange gazeux résultant, c'est-à-dire après une durée de contact t, et dont les valeurs sont proportionnelles à celles du coefficient de vitesse de la réaction (II) supposée d'ordre 1.

La courbe de la variation de la carboxyréactivité en fonction de la température est caractéristique du combustible étudié.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur la validité des règles de classification des raies Raman dans les cristaux.* Note de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les règles de classification des raies de diffusion des cristaux et les règles de sélection et de polarisation relatives aux raies des diverses classes ont été énoncées par G. Placzek (1), J. Cabannes (2) et J. Barriol (3). Ces règles, déterminées par les éléments de symétrie du cristal, sont basées sur la proposition suivante : « Lorsqu'un système de points matériels soumis à des liaisons admet un centre de symétrie ou un plan de symétrie ou un axe de répétition binaire, toute oscillation fondamentale du système est ou bien symétrique (S) ou bien antisymétrique (A) par rapport à chacun de ces éléments de symétrie ». La présence d'un quelconque de ces éléments de symétrie dans un cristal permet de grouper les oscillations en deux classes S et A par rapport à l'élément en question, et les raies de diffusion correspondant à chacune de ces classes sont caractérisées par l'absence de certains termes dans le tenseur qui définit la vibration diffusée.

Le but de cette Note est de montrer que cette classification n'a qu'une validité restreinte. Considérons un système de points matériels possédant un plan de symétrie P. Supposons qu'il existe une oscillation fondamentale Q telle que les déplacements des points du système ne soient ni S, ni A par rapport à P, et soit n la fréquence correspondante. Par raison de symétrie l'oscillation Q', symétrique de Q par rapport à P, sera aussi une oscillation fondamentale de même fréquence n. Superposons Q et Q' d'amplitudes égales et en accord de phase. Nous obtenons une oscillation $S = Q + Q'$. Superposons Q et Q' d'amplitudes égales et en opposition de phase. Nous obtenons une oscillation $A = Q - Q'$. Si donc une oscillation fondamentale Q, ni symétrique ni antisymétrique par rapport à P, était possible, les oscillations S et A auraient la

(1) *Handbuch der Radiologie*, VI, 2e partie, p. 205.
(2) *Comptes rendus* **211**, 1940, pp. 625 et 750.
(3) *Ibid.*, **213**, 1941, p. 734.

même fréquence n, et, par leur superposition, on pourrait obtenir des oscillations de direction quelconque pour les points du système. L'oscillation fondamentale Q serait dégénérée et la symétrie de la fonction potentiel serait supérieure à la symétrie géométrique du système. *La condition nécessaire pour que la proposition ci-dessus soit exacte est donc que le degré de symétrie de la fonction potentiel corresponde effectivement au degré de symétrie géométrique du système.* Dans ce cas les forces de rappel, qui s'exercent sur les points du système déformé, sont nettement différentes pour une déformation symétrique et pour une déformation antisymétrique, et l'oscillation issue d'une déformation quelconque se dédoublera en oscillation S et en oscillation A de fréquences différentes.

Or il n'en est pas toujours ainsi. Considérons un réseau moléculaire dont la maille contienne deux molécules symétriques par rapport à un plan P. En composant les oscillations fondamentales des deux molécules on obtient les oscillations fondamentales de la maille. La superposition en accord de phase fournira une oscillation A de la maille. La fréquence de la vibration d'ensemble, S ou A, sera influencée par les forces de couplage s'exerçant entre les deux molécules, forces qui seront différentes pour l'oscillation S et pour l'oscillation A. C'est la dissymétrie des forces de couplage qui produira le dédoublement de fréquence. Mais ces forces de couplage intermoléculaires (forces de Van der Waals) sont très faibles par rapport aux forces de valence intramoléculaires. Lorsque l'oscillation moléculaire en question est une oscillation interne des atomes de la molécule, dont la fréquence est déterminée principalement par les forces de valence, le dédoublement de fréquence entre S et A sera relativement faible et souvent inobservable. Dans ce cas tout se passe comme si l'oscillation d'ensemble de la maille résultait de la superposition des oscillations des deux molécules avec une différence de phase indéterminée. L'oscillation fondamentale de la maille doit être considérée comme dégénérée. Il ne s'agit pas d'une dégénérescence essentielle, conditionnée par la symétrie cristalline, mais d'une dégénérescence accidentelle due à la différence d'ordre de grandeur entre les forces intramoléculaires et les forces intermoléculaires qui maintiennent l'équilibre du réseau. La fonction potentiel de la déformation est pratiquement indépendante des éléments de symétrie du réseau. Pour les raies de diffusion ceci se traduit par l'addition, non pas des tenseurs d'amplitude, mais des tenseurs d'intensité des deux molécules. La considération des éléments de symétrie du cristal et des oscillations fondamentales de la maille perd, dans ce cas, son intérêt, et les règles de classification et de polarisation, basées sur l'existence de ces éléments de symétrie, ne s'appliquent pas. C'est ainsi qu'on trouve, dans les cristaux de benzène ([4]) ou de naphtalène ([5]), les mêmes raies Raman que dans le corps fondu, sans aucun dédoublement, et avec des facteurs

---

([4]) A. FRUHLING et A. KASTLER, *ibid.*, **218**, 1944, p. 998

([5]) H. BENEL, A. KASTLER et A. ROUSSET, *ibid.*, **211**, 1940, p. 595.

de dépolarisation très différents des valeurs o ou ∞ exigées par les règles de polarisation.

Il en va tout autrement pour les oscillations *externes* du cristal qui sont dues à des mouvements d'ensemble des molécules dans le réseau (cisaillements ou pivotements). Les seules forces de rappel qui interviennent ici pour fixer la fréquence des oscillations, sont ces forces intermoléculaires dont la fonction potentiel est déterminée par les éléments de symétrie géométriques du cristal. Ces forces sont nettement différentes pour les couplages symétrique et antisymétrique des mouvements moléculaires. L'expérience montre qu'une oscillation de pivotement des molécules autour d'un axe moléculaire déterminé donne lieu à une oscillation d'ensemble S et à une oscillation d'ensemble A de fréquences nettement différentes, et les règles de polarisation s'appliquent à chacune des composantes du doublet de la raie de diffusion ([6]).

Le dédoublement ou non-dédoublement d'une raie moléculaire dans un cristal n'a d'ailleurs pas de caractère absolu. Sa mise en évidence dépend de la largeur de la raie, conditionnée par la température, et du pouvoir de résolution de l'appareil dispersif employé. Il y aura toujours lieu de rechercher dans les cristaux des traces de dédoublement. Un dédoublement incomplet peut encore se déceler par une polarisation différente des bords opposés de la raie ([7]). Lorsque le dédoublement est inobservable, tout se passe comme si la dégénérescence était effective. Lorsque le dédoublement a lieu, la polarisation de l'ensemble des deux composantes du doublet est la même que si la raie n'était pas dédoublée (principe de stabilité spectroscopique).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la pathogénie du tétanos.* Note ([1]) de M. **Édouard Lemétayer**, présentée par M. Gaston Ramon.

En dépit du très grand nombre de travaux consacrées à l'étude de la pathogénie du tétanos, celle-ci reste encore aujourd'hui très discutée. Parmi les différentes tentatives effectuées dans le but d'éclairer cette pathogénie, il convient de citer en première place, par leur nombre, les sections de nerfs avec injection préalable ou ultérieure de toxine tétanique dans les muscles innervés par ces nerfs. Ces tentatives ont donné des résultats différents suivant la technique suivie, suivant la dose de toxine utilisée et aussi suivant les auteurs. Quoi qu'il en soit, ceux-ci ont trouvé, dans les résultats enregistrés, des arguments en faveur de leur théorie : transport de la toxine par la voie nerveuse ou par la voie lymphatique, action directe sur le muscle. (P. Descombey, *Recueil de médecine vétérinaire*, 1929, pp. 901-910; 1930, pp. 27-43 et 72-89.)

([6]) A. Kastler et A. Rousset, *ibid.*, **212** 1941, p. 645; *Journal de Physique*, **2**, 1941, p. 49.

([7]) A. Rousset et R. Lochet, *Journal de Physique*, **3**, 1942, p. 146.

([1]) Séance du 24 juillet 1944.

Nous avons effectué, avec la collaboration de Pierre Uhry, quelques séries d'essais analogues et nous en donnons ci-dessous le protocole et les résultats enregistrés.

Première série d'essais. — Deux groupes de cinq cobayes de 450^g sont constitués. La névrectomie du nerf sciatique et du nerf saphène droits est pratiquée sur tous les sujets du premier groupe. Sur les animaux du deuxième groupe on n'effectue que le premier temps de la névrectomie (incision de la peau, mise à nu des nerfs sans section de ceux-ci). Sept jours après on injecte, dans les muscles de la jambe droite de tous ces cobayes, le plus loin possible du siège de l'opération, immédiatement au-dessus de l'articulation tarsienne, 2/10 de centimètre cube d'une dilution de toxine représentant une dose mortelle.

Tous les sujets névrectomisés présentent une contracture locale en 36 heures et meurent du 4e au 6e jour. La contracture locale apparaît dés la 24e heure, chez les non névrectomisés, qui meurent comme les névrectomisés du 4e au 6e jour.

Cet essai, renouvelé dans les mêmes conditions sur six cobayes, nous a donné des résultats identiques.

Deuxième série d'essais. — A huit cobayes de 500^g nous injections, dans la partie inférieure de la jambe droite, le plus près possible de l'articulation tarsienne, 2/10 de centimètre cube d'une dilution de toxine au 1/1000 ou au 1/1400, soit environ 5 ou 3 doses mortelles. Une contracture locale apparaît dès le lendemain matin au niveau de la jambe droite. A la 30e heure, les nerfs sciatique et saphène droits sont névrectomisés sur six cobayes; deux sujets sont conservés comme témoins et ne subissent qu'une incision cutanée avec mise à nu des nerfs sans section de ceux-ci.

A la suite de ces interventions la contracture locale subsiste sur tous les sujets, qui meurent tous de tétanos généralisé de la 48e à la 57e heure.

En résumé, sur les sujets névrectomisés, la contracture locale apparaît plus tardivement que chez les témoins. Chez ceux-ci la toxine est absorbée au point même de l'injection, partant plus rapidement, par les terminaisons nerveuses intactes, alors que chez les premiers la toxine n'est apportée, au bout central des nerfs sectionnés, que par la voie sanguine. Le tétanos généralisé et la mort s'expliquent, dans les deux groupes d'animaux, par le transport de la toxine par la voie sanguine et l'imprégnation ultérieure de tous les nerfs de l'organisme, qui s'effectuent dans les mêmes conditions chez les névrectomisés et chez les témoins

Sur les sujets en contracture locale et névrectomisés par la suite, les contractures évoluent comme chez les témoins, aucune gêne n'étant apportée à la résorption de la toxine par la voie sanguine ni à l'imprégnation ultérieure de tous les nerfs de l'économie, on assiste, chez les névrectomisés comme chez les témoins, à la généralisation du tétanos et à la mort des animaux.

Ces deux séries d'essais viennent à l'appui de la thèse du transport de la toxine par la voie nerveuse, soit par imprégnation directe au point d'inoculation

(contractures locales), soit par imprégnation secondaire des nerfs de tout l'organisme par diffusion préalable de la toxine par la voie sanguine (contractures généralisées), thèse soutenue par un certain nombre d'auteurs et spécialement par P. Descombey.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de la syphilis à la Souris par instillation nasale.* Note (1) de MM. **Constantin Levaditi** et M[lle] **Hélène Noury**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons réussi à conférer la syphilis cliniquement inapparente à la Souris blanche, par instillation nasale de suc de chancres syphilitiques de Lapins, après anesthésie à l'éther. Voici les résultats de nos essais :

Première série. — Les Souris 111, 112, 114 et 115 reçoivent, immédiatement après l'anesthésie, quelques gouttes de suc de syphilôme riche en tréponèmes (Souche Gzand). Nouvelle inoculation, par la même technique, 15 et 51 jours après. Les animaux sont examinés les 14[e], 100[e], 124[e] et 166[e] jours. Étude de la dispersion tréponémique dans les zones électives, y compris le poumon. Inoculation au Lapin, de rate et ganglions périphériques d'une part, de poumon d'autre part.

Deuxième série. — Les Souris 125, 126 et 127 sont inoculées de la même manière, mais à deux reprises, immédiatement après l'anesthésie et 84 jours après. Elles sont examinées les 150[e] et 189[e] jours.

Troisième série. — Les Souris 156, 157, 158, 159 et 160 sont inoculées une seule fois. Elles sont examinées les 74[e], 97[e], 143[e], 147[e] et 158[e] jours après l'injection.

Le tableau ci-dessous résume nos constatations :

	Temps	Dispersion tréponémique.							Inoculation au lapin.	
Souris.	en jours.	Nez.	Rectum.	Gangl.	Dos.	Crâne.	Périn.	Poum.	Gang.+Rate.	Poumon.
					Première série.					
111...	14	o	o	o	—	—	—	—	—	—
112...	100	+	+	+	o	+	+	o	—	—
114...	124	++	+	+	+	o	+	o	positif	négatif
115...	166	o	+	+	o	o	+	o	positif	négatif
					Deuxième série.					
125...	150	++	++	+	+	++	+	o	positif	négatif
126...	189	o	+	o	o	o	o	o	—	—
127...	189	++	+	o	o	o	o	o	—	—
					Troisième série.					
156...	74	o	o	o	o	o	o	o	—	—
157...	97	o	o	o	o	o	o	o	—	—
159...	147	+++	++	o	+	o	o	o	—	—
160...	158	o	+	o	o	o	+	o	—	—

(1) Séance du 24 juillet 1944.

Conclusions. — Il est possible de conférer à la Souris la tréponémose dispersive, quoique cliniquement inapparente, en lui administrant le virus syphilitique par voie nasale, après anesthésie à l'éther. La dispersion du *Treponema pallidum* apparaît à partir du 100e jour. Son intensité varie d'une expérience à l'autre ; elle est plus marquée lorsque les inoculations virulentes sont répétées. Alors que, dans trois essais, les ganglions lymphatiques périphériques et la rate se sont révélés virulents pour le Lapin, une seule fois le poumon s'est montré chancrigène.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1944.

Gallica pharmaceutica Acta. Recueil de mémoires présentés à la Société de pharmacie de Paris. Lille-Paris, Imprimerie Martin-Mamy, Crouan et Roques, 1944 ; 1 vol. 24cm,5.

André-Eugène Blondel, par M. Auguste Detoeuf, publié sous les auspices du Comité André Blondel. Paris, s. d. ; 1 fasc. 23cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AOUT 1944 (¹).

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 août au lieu du lundi 14.

CORRESPONDANCE.

M. **René Dubrisay** rend compte de l'usage qu'il a fait de la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1943.

CALCUL DES PROBABILITÉS — *Sur un cas particulier remarquable de la régulation d'un débit aléatoire par un réservoir.* Note (¹) de M. **Pierre Massé**.

Nous avons établi (²) les principes et les effets de la régulation d'un débit aléatoire par un réservoir.

Nous nous proposons ici d'appliquer ces généralités à un exemple remarquable.

I. Nous conservons l'hypothèse des périodes élémentaires indépendantes, et nous lui ajoutons celle d'économie et climat constants. La loi de probabilité des apports naturels est ainsi une loi non liée et indépendante du temps, $k(x)$.

On suppose d'autre part que l'exploitant du réservoir a souscrit un volume constant q_0, et que sa rémunération comprend pour chaque période une somme fixe cq_0, une recette a par mètre cube transmis au delà de q_0, et une pénalité b par mètre cube manquant ($a < b$). Dans ces conditions, l'utilité marginale $u(q)$ est égale à b pour $q < q_0$ et à a pour $q > q_0$.

On admet enfin que l'utilité marginale de la réserve résiduelle en fin d'exploitation, soit $s_1(x)$, est comprise entre a et b.

(¹) En raison de l'interruption de service du Chemin de fer Métropolitain, la séance de l'Académie est ouverte à 16ʰ30ᵐ au lieu de 15ʰ.

(¹) Séance du 24 juillet 1944.

(²) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 19 et 150.

Sous ces hypothèses, on démontre aisément les deux résultats suivants :

1° L'espérance marginale $s_n(x)$ est constamment comprise entre a et b.

2° La règle d'exploitation optimum est indépendante de l'expression précise de l'espérance marginale. Elle consiste à fournir, autant que faire se peut, le volume souscrit q_0, et à faire absorber par le réservoir, dans toute la mesure posible, l'écart entre le volume des apports naturels x et le volume souscrit q_0 (schéma de diffusion sur un segment limité).

II. Il est possible dès lors de calculer *directement* l'espérance marginale.

Matérialisons sous forme de couche d'huile la tranche supérieure de 1^{m^3} du réservoir, et considérons les éventualités suivantes :

a. Le réservoir s'étant rempli, la couche d'huile est vendue comme excédent au cours de la 1re, de la 2e, ... de la $n^{\text{ième}}$ période.

b. Le réservoir s'étant vidé, la couche d'huile sert à diminuer les défaillances au cours de la 1re, de la 2e, ... de la $n^{\text{ième}}$ période.

c. Le réservoir ne s'étant ni rempli ni vidé, la couche d'huile reste en stock en fin d'exploitation.

Soient $K(X, Y)$, $K^0(X, O)$, $K^M(X, M)$ la loi de passage élémentaire d'un état à un autre du réservoir, telle qu'elle découle de la règle d'exploitation optimum.

Soit $K^{(n)}(X, Y)$ la densité de probabilité de passage, en n périodes, de l'état X à l'état Y du réservoir sans passer par aucun des deux états extrêmes. On a

$$s_{n+1}(X) = a\varpi_a^{(n+1)}(X) + b\varpi_b^{(n+1)}(X) + \int_0^M K^{(n)}(X, Y)s_1(Y)\,dY,$$

$\varpi_a^{(n+1)}(X)$ et $\varpi_b^{(n+1)}(X)$ étant les probabilités des éventualités a et b ci-dessus, soit

$$\varpi_a^{(n+1)}(X) = K^M(X, M) + \int_0^M K(X, Y)K^M(Y, M)\,dY + \ldots + \int_0^M K^{(n-1)}(X, Y)K^M(Y, M)\,dY,$$

$$\varpi_b^{(n+1)}(X) = K^0(X, O) + \int_0^M K(X, Y)K^0(Y, O)\,dY + \ldots + \int_0^M K^{(n-1)}(X, Y)K^0(Y, O)\,dY.$$

Si n augmente indéfiniment, $s_{n+1}(X)$ tend vers une limite indépendante des conditions finales

$$s_0(X) = a\varpi_a(X) + b\varpi_b(X).$$

III. On retrouve ces résultats en appliquant la méthode générale de notre première Note.

La relation de récurrence s'écrit

$$s_{n+1}(X) = \int_0^M K(X, Y)s_n(Y)\,dY + aK^M(X, M) + bK^0(X, O).$$

Elle se transforme à la limite en l'équation de Fredholm

$$s_0(X) = \int_0^M K(X, Y)s_0(Y)\,dY + aK^M(X, M) + bK^0(X, O).$$

Le développement précédent est celui qu'on obtient en appliquant, à cette équation de Fredholm, la méthode d'itération. En particulier, les probabilités $K^{(n)}(X, Y)$ coïncident avec les noyaux réitérés.

IV. Le processus d'itération des *probabilités des états successifs du réservoir* étant déjà linéaire dans le cas général, nos hypothèses particulières n'apportent ici aucune simplification appréciable. On trouve toutefois une *complémentarité* remarquable entre la loi des états et celle des lâchures du réservoir.

Enfin les résultats de la théorie générale conduisent à considérer, non pas l'espérance totale $S_{n+1}(X)$, mais la différence $S_{n+1}(X) - nW = \mathcal{S}_{n+1}(X)$, W étant la constante qui définit la valeur, rapportée à une période, de l'exploitation réglée par le réservoir. L'équation de récurrence à laquelle satisfait $\mathcal{S}_{n+1}(X)$ se transforme à la limite en une équation intégrale singulière avec second membre, qui a comme solutions

$$S_0(X) + \text{const.}, \qquad \text{avec } S_0(X) = \int_0^X s_0(X)\,dX.$$

La condition d'existence des solutions fournit d'ailleurs pour W l'expression

$$W = cq_0 + aA_1 + bB_1,$$

A_1 et B_1 étant, en régime limite, les valeurs probables des volumes des excédents et défaillances.

Comme on a pour l'exploitation naturelle (ou au fil de l'eau) l'expression analogue

$$W_0 = cq_0 + aA_0 + bB_0,$$

on voit que la valeur de la régulation $W - W_0$ est proportionnelle à $b - a$.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Frottement intérieur et plasticité des métaux.* Note [1] de MM. **Charles Crussard** et **Pierre Chevenard**, présentée par M. Léon Guillet.

Les lois expérimentales de la déformation plastique et de l'amortissement ne peuvent s'interpréter ni par l'hypothèse d'un frottement *solide*, ni par celle d'un frottement *visqueux* à la Coulomb. Un frottement du type solide conduirait à des résistances proportionnelles à la pression normale. Or G. I. Taylor [2] a montré que ni la valeur, ni même le signe de la contrainte normale n'ont d'effet sur la plasticité. Quant à l'hypothèse d'un frottement visqueux proportionnel à la vitesse, elle entraînerait un décrément proportionnel à la fréquence, alors que les cycles *couple-torsion* (C, α) sont d'autant plus enflés que la période est plus longue. Ce résultat prouve que l'hystérésis mécanique a pour cause

---

(1) Séance du 24 juillet 1944.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, **116**, 1927, p. 39.

principale, sinon unique, une *relaxation par fluage*, et cette corrélation entre les deux phénomènes, soupçonnée depuis longtemps, est entièrement confirmée par nos propres expériences ([3]).

M. Marcel Brillouin ([4]) a tenté d'écrire l'équation du pendule de Coulomb de manière à tenir compte de la relaxation partielle du couple par fluage : il admet une vitesse $V = (\partial C/\partial t)$ à tout instant proportionnelle au couple C, et ses calculs conduisent à un décrément proportionnel à la période. Cette théorie explique donc l'enflure de plus en plus accusée des cycles (C, α) au fur et à mesure qu'ils sont décrits de plus en plus lentement; mais elle ne prévoit ni le déphasage entre V et C, ni la position de plus en plus penchée des cycles sur l'axe $O\alpha$, c'est-à-dire la baisse progressive du module de Coulomb moyen. Or nous avons montré que cette inclinaison progressive, phénomène quantitativement très important, surtout aux températures élevées, est dû à l'intervention de la *réactivité*. C'est donc en introduisant ce phénomène dans la théorie de M. Brillouin qu'on peut espérer la modifier de manière à mieux traduire les faits d'expérience.

Si un barreau tordu continue à se détordre après suppression du couple extérieur, cette déformation de réactivité est due à des *tensions internes* laissées par la torsion préalable. Supposons que ces tensions agissent comme un *couple interne* que nous admettrons, en première approximation, proportionnel à la torsion plastique $[\alpha - (C/K)]$, c'est-à-dire à la différence entre la torsion géométrique α et la torsion élastique C/K, K désignant la constante de torsion du barreau. Modifiant l'hypothèse de M. Brillouin, nous supposons la vitesse de relaxation V proportionnelle, non plus au couple extérieur C, mais à son excès sur le couple interne

$$V = b\left[C - a\left(\alpha - \frac{C}{K}\right)\right],$$

a et b désignant des constantes.

Cette hypothèse conduit aux expressions suivantes du couple C et de la vitesse V pour les cycles à déformation imposée, $\alpha = \alpha_0 \sin\omega t$,

$$C = C_0 \sin(\omega t + \varphi) - C_0 \sin\varphi\, e^{-b\left(1+\frac{a}{K}\right)t},$$
$$V = V_0 \sin(\omega t + \varphi') + \text{terme d'accomodation}.$$

Les courbes calculées (V, C) sont des ellipses, c'est-à-dire ont à peu près la forme de nos courbes expérimentales obtenues avec les métaux écrouis, essayés à chaud ([5]). La théorie ainsi modifiée explique donc un résultat expérimental

---

([3]) Z. Carrière, *Thèse*, Toulouse, 1905; H. Bouasse, *Ann. Fac. Sci.*, Toulouse, 2e série, 7, 1905, p. 406; P. Chevenard, *Symposium on effect of temperatures on the properties of metals*, Chicago, 1931; *Journal de Physique*, série VIII, 3, 1942, p. 105.

([4]) Cité d'après H. Bouasse, *loc. cit.*

([5]) P. Chevenard et Crussard, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 415.

important, le *déphasage constaté entre les fonctions périodiques* V *et* C; elle n'est cependant pas encore entièrement satisfaisante.

Nos calculs ne prévoient ni le changement du décrément avec l'amplitude pour une période donnée, ni sa variation en fonction de la période sous amplitude donnée; ils concluent à une phase φ variable avec la période et indépendante de l'amplitude, et c'est l'inverse que l'on constate; ils font croître $\varphi' - \varphi$ avec la période, en contradiction avec la loi de similitude représentée par la superposition des courbes réduites expérimentales $[(V/V_0), (C/C_0)]$ [6]; ces courbes, enfin, sont parfois fort éloignées d'être des ellipses, dans les métaux recristallisés notamment. Il faudra donc modifier nos hypothèses pour atteindre un nouveau degré d'approximation.

D'abord la vitesse V croît certainement plus vite que le couple agissant $C - a[\alpha - (C/K)]$; l'addition d'un terme proportionnel au cube de ce couple fait apparaître un harmonique d'ordre 3 dans les courbes (V, C) et leur donne une forme voisine de celle que fournit l'expérience, pour le zinc en particulier [6].

Il nous paraît, d'autre part [7], qu'il faut envisager deux sortes de tensions internes : outre celles qui, variant lentement dans la masse du barreau, créent le couple interne, il en existe d'autres localisées dans les surfaces de glissement des cristaux déformés. Ces tensions introduisent, principalement dans les métaux recristallisés, un *blocage* des glissements, qui se manifeste surtout au moment où la déformation change de sens. Nos études portent actuellement sur cet effet de blocage, le plus important au point de vue physique.

Ainsi, de même que l'hypothèse du champ moléculaire a permis à P. Weiss d'étendre aux corps ferromagnétiques la théorie du paramagnétisme de M. Langevin, l'introduction des *tensions internes* dans la théorie du frottement intérieur de M. Brillouin conduit à un meilleur accord avec l'expérience. On serrera de plus près encore la réalité en étudiant la distribution de ces tensions à l'intérieur du métal. On conçoit que, suivant la grosseur du grain et l'état plus ou moins écroui de l'échantillon, les glissements plastiques seront plus ou moins aisés et suivront avec plus ou moins de retard la déformation imposée α : d'où la variété d'aspect des cycles (C, α) et des courbes (V, C) révélée par nos expériences.

THERMODYNAMIQUE. — *Propagation de la chaleur dans un milieu hétérogène.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Considérons un milieu dont la conductibilité thermique K et la capacité calorifique γ sont, en chaque point, fonctions de l'abscisse x de ce point.

---

(6) P. Chevenard, Ch. Crussard et F. Aubertin, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 85.

(7) Ch. Crussard, *Revue de Métallurgie*, 41, 1944, p. 111; Kochendörrer, *Plastische Eigenschaften*, Berlin, 1941.

Limitons le milieu par deux plans A et A′ perpendiculaires à la direction $x'x$, et soit l la distance qui les sépare (A correspondant à $x = 0$); étudions la propagation de la chaleur parallèlement à $x'x$.

En comptant le flux de chaleur $P(x, t)$ positivement dans le sens des x décroissants et en désignant par $\theta(x, t)$ la température, on sait que ces fonctions satisfont au système différentiel

$$(1)\qquad \begin{cases} P = K\dfrac{\partial\theta}{\partial x}, \\ \dfrac{\partial P}{\partial x} = \gamma\dfrac{\partial\theta}{\partial t}. \end{cases}$$

Cherchons des solutions de la forme

$$P(x, t) = \sum_{i=1}^{i=\infty} P_i(x, t), \qquad \theta(x, t) = \sum_{i=1}^{i=\infty} \theta_i(x, t).$$

En remplaçant dans (1), il vient

$$K\frac{\partial\theta_1}{\partial x} + \sum_1^\infty \left(K\frac{\partial\theta_{i+1}}{\partial x} - P_i\right) = 0,$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial x} + \sum_1^\infty \left(\frac{\partial P_{i+1}}{\partial x} - \gamma\frac{\partial\theta_i}{\partial t}\right) = 0.$$

Écrivons que les deux premiers termes de ces équations ainsi que toutes les parenthèses sont nulles; on obtient

$$\frac{\partial\theta_1}{\partial x} = 0, \qquad K\frac{\partial\theta_2}{\partial x} - P_1 = 0, \qquad \ldots;$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial P_2}{\partial x} - \gamma\frac{\partial\theta_1}{\partial x} = 0, \qquad \ldots.$$

Il apparaît que θ_1 et P_1 sont des fonctions arbitraires [respectivement $f(t)$ et $g(t)$] de la seule variable t; les autres fonctions θ_i et P_i se calculent de proche en proche; il vient ainsi ([1])

$$\underset{n=1,2,\ldots}{\theta_{2n}} = g^{(n-1)}(t)\underbrace{\int_0^x \frac{1}{K}dx\int_0^x \gamma\,dx\ldots\int_0^x \frac{1}{K}dx}_{2n-1\text{ intégrales}}, \qquad \underset{n=0,1,2,\ldots}{\theta_{2n+1}} = f^{(n)}(t)\underbrace{\int_0^x \frac{1}{K}dx\int_0^x \gamma\,dx\ldots\int_0^x \gamma\,dx}_{2n\text{ intégrales}};$$

$$\underset{n=1,2,\ldots}{P_{2n}} = f^{(n)}(t)\underbrace{\int_0^x \gamma\,dx\int_0^x \frac{1}{K}dx\ldots\int_0^x \gamma\,dx}_{2n-1\text{ intégrales}}, \qquad \underset{n=0,1,2,\ldots}{P_{2n+1}} = g^{(n)}(t)\underbrace{\int_0^x \gamma\,dx\int_0^x \frac{1}{K}dx\ldots\int_0^x \frac{1}{K}dx}_{2n\text{ intégrales}}.$$

([1]) Voir par exemple M. Parodi, *Journ. de Phys.*, 5, 1944, p. 23.

Finalement

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} \theta(x, t) &= f(t) + \sum_1^\infty f^{(n)}(t)\int_0^x \frac{1}{K}\,dx\int_0^x \gamma\,dx\ldots\int_0^x \gamma\,dx \\ &\quad + \sum_1^\infty g^{(n-1)}(t)\int_0^x \frac{1}{K}\,dx\int_0^x \gamma\,dx\ldots\int_0^x \frac{1}{K}\,dx, \\ P(x, t) &= g(t) + \sum_1^\infty g^{(n)}(t)\int_0^x \gamma\,dx\int_0^x \frac{1}{K}\,dx\ldots\int_0^x \frac{1}{K}\,dx \\ &\quad + \sum_1^\infty f^{(n)}(t)\int_0^x \gamma\,dx\int_0^x \frac{1}{K}\,dx\ldots\int_0^x \gamma\,dx, \end{aligned}\right.$$

les développements étant convergents si K et γ sont bornés dans le domaine $(0, l)$ et si $f^{(n)}(t)/f^{(n-1)}(t)$, comme $g^{(n)}(t)/g^{(n-1)}(t)$, a une limite finie pour $n = \infty$.

Il apparaît immédiatement que $f(t)$ et $g(t)$ représentent respectivement la température et le flux de chaleur dans le plan A $(x = 0)$.

Supposons que l'on connaisse l'expression $f(t)$ de la température dans le plan A et celle $\Pi(t)$ du flux de chaleur dans le plan A'; la distribution de la chaleur dans le milieu sera connue si l'on sait calculer $g(t)$.

Faisons $x = l$ dans la seconde des équations (2), nous aurons à résoudre l'équation différentielle en $g(t)$ à coefficients constants d'ordre infini,

$$(3)\qquad \Pi(t) = g(t) + \sum_1^\infty g^{(n)}(t)\,a_n(l) + \sum_1^\infty f^{(n)}(t)\,b_n(l),$$

a_n et b_n ayant des significations évidentes.

Posons

$$\Pi(t) - \sum_1^\infty f^{(n)}(t)\,b_n(l) = \Phi(l, t),$$

une solution de (3) peut s'écrire

$$g(t) = \Phi(l, t) + \alpha_1\frac{\partial\Phi(l, t)}{\partial t} + \alpha_2\frac{\partial^2\Phi(l, t)}{\partial t^2} + \alpha_3\frac{\partial^3\Phi(l, t)}{\partial t^3} + \ldots,$$

$1, \alpha_1, \alpha_2, \ldots,$ étant les coefficients du quotient de la division de 1 par $1 + \sum_1^\infty a_n x^n$, comme on le vérifie sans peine.

$g(t)$ étant ainsi déterminé, on connaît une solution du problème; il reste, dans chaque cas particulier, à vérifier la convergence du développement de $g(t)$.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur un point de transition présenté par les cristaux de bichromate d'ammonium.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pauling [1] avait cru pouvoir affirmer que la transformation d'ordre supérieur que présentent un certain nombre de sels d'ammonium se produit à une température d'autant plus basse que l'anion du sel est plus gros. Cette règle, qui n'est vérifiée que grossièrement entre — 27° C. et — 60° C. par les halogénures, le sulfate, le nitrate, l'arséniate et le cyanure d'ammonium, présente une exception tres nette dans le cas du phosphate monoammonique, étudié précédemment [2] et dont la température de transition est 19°,2 C. Une seconde exception est constituée par le bichromate d'ammonium et fait l'objet de la présente Note.

J'ai réalisé la dilatométrie des cristaux de ce sel dans le toluène et le tétrachlorure de carbone où ils sont insolubles, suivant une méthode utilisée précédemment [3]. Un grand nombre d'expériences ont été faites avec des dilatomètres et des remplissages différents, par températures croissantes ou décroissantes.

Le volume moléculaire V des cristaux de bichromate d'ammonium diminue lentement et régulièrement quand on fait décroître la température à partir de la température ambiante. Vers — 2°,5 C., la diminution devient tout à coup plus rapide, sans qu'il y ait discontinuité dans la valeur du volume; puis elle s'atténue à mesure que la température diminue. La courbe $V(t)$ a une forme qui ressemble tout à fait à celles qui ont été publiées pour le méthane [4], le nitrate de sodium [5] et le sulfate de cuivre pentahydraté [6]; celle que reproduit la figure 1 a été tracée, à partir des résultats de cinq expériences faites dans le toluène, par températures décroissantes.

Il s'agit donc bien ici d'une transformation d'ordre supérieur, caractérisée par une continuité du volume et une discontinuité du coefficient de dilatation cubique à une certaine température. A 0° C., le coefficient de dilatation cubique des cristaux de bichromate d'ammonium est voisin de 10^{-4}; à la température de transition, il prend une valeur dix fois plus grande, puis se met à décroître lentement à mesure que la température diminue.

Il ne m'est pas possible actuellement de préciser si cette variation brusque

---

(1) *Phys. Rev.*, **36**, 1930, p. 430, cité par Klug et Johnson, *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 2061.

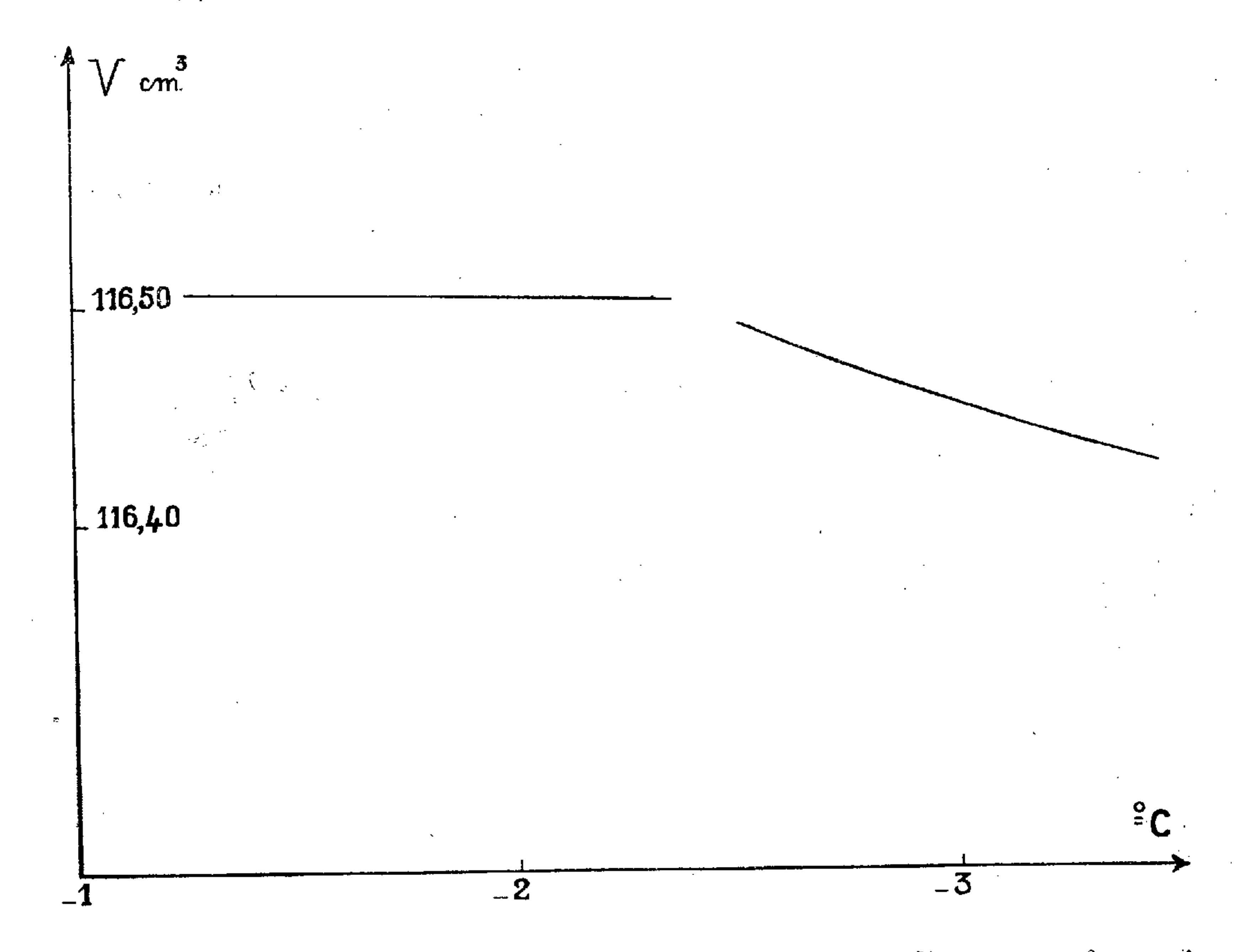
(2) J. Jaffray, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 798.

(3) E. Brun et J. Jaffray, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 371; *Cahiers de Physique*, **21**, 1944, p. 25.

(4) Heuse, *Zeits. physik. Chem.*, A, **147**, 1930, p. 255.

(5) Kracek, *J. Am. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 2609.

du coefficient de dilatation a lieu effectivement à une température unique, ce qui entraînerait l'existence d'un point anguleux sur la courbe V(t) et classerait la transformation parmi celles du second ordre, suivant la nomenclature d'Ehrenfest, ou si la variation rapide du coefficient de dilatation s'étale sur un petit domaine de température, et si, par conséquent, les deux régions de la courbe V(t) se raccordent par un petit arc le long duquel la pente de la



tangente varie très rapidement, ce qui serait le propre d'une transformation *diffuse*. Mais, si cette dernière alternative a lieu, le domaine où se produit cette transformation est certainement inférieur à 0°,1.

Si l'on ne prend pas de précautions spéciales, les phénomènes sont nettement différents suivant qu'on opère par températures croissantes ou décroissantes. Même en opérant lentement, de façon à réaliser constamment des régimes quasi permanents, il est probable qu'une certaine hystérèse thermique se manifeste, mais son amplitude ne dépasse pas 0°,1 C.

Ces deux circonstances limitent la précision avec laquelle on peut donner la température de transition du bichromate d'ammonium. J'admets pour cette valeur $-2°,4 \pm 0°,2$ C.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques de l'hydrure, du deutériure et du carbure de gadolinium.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le gadolinium métallique, dont le point de Curie est à 16°C. (289°K.) (1), possède, dans ses états ferromagnétique (1) et paramagnétique (2), le moment correspondant à celui des sept spins présents dans la couche profonde $4f$. Ce moment est aussi celui de l'ion trivalent Gd^{+++} car, dans cet état d'ionisation de l'élément, les électrons de la couche $4f$ ne participent pas aux échanges chimiques, comme c'est le cas pour les ions rares tétravalents (CeO^2).

L'étude thermomagnétique de l'hydrure, du deutériure et du carbure a été faite dans un double but :

1° Déterminer leur moment magnétique qui, dans une certaine mesure, renseigne sur l'état d'ionisation dans lequel le métal est engagé;

2° Connaître les modifications du point de Curie paramagnétique (et, éventuellement, ferromagnétique) qui résultent de l'introduction dans le réseau du gadolinium d'éléments de faible volume moléculaire (H^2, D^2).

L'oxyde de gadolinium servant de matière première contient moins de 0,5 % des autres éléments des terres rares. A l'état métallique, le gadolinium, préparé à partir de cet oxyde transformé en chlorure anhydre, contient 99,8 % de métal, 0,2 % de magnésium (3). Le carbure, obtenu par fusion de l'oxyde avec du graphite pur à 2000°C., correspond exactement à la formule GdC^2. L'hydrure et le deutériure (4), formés par action des éléments correspondants sur le gadolinium métallique, sont préparés dans les conditions d'absorption maximum des gaz par le métal. Leur formule globale correspond sensiblement à GdH^2 et GdD^2. L'étude thermomagnétique, effectuée entre la température ordinaire et le point d'ébullition de l'azote à l'aide de la balance à translation de Foex et Forrer (5), montre que *le point de Curie ferromagnétique observé sur le métal disparaît dans les composés binaires étudiés.* La représentation en $1/\chi$ et T (figure) donne, pour le carbure, le deutériure et l'hydrure, des droites parfaitement définies, suivant la relation de Weiss $\chi(T-\theta)=C$.

	Gadolinium métal.	Hydrure GdH^2.	Deutériure GdD^2.	Carbure GdC^2.
Point de Curie paramagnétique θ°K....	+302,7	+11	− 6,5	−44
Constante de Curie C_M................	7,842	7,640	7,575	7,845
Moment conventionnel μ_W....	39,28	38,72	38,61	39,30
Moment conventionnel μ_B.............	7,94	7,83	7,81	7,95
Moment spectroscopique μ_{SB}...........	7,01	6,91	6,89	7,02
Densité mesurée à 21°C...............	7,83	6,45	6,20	5,45

(1) G. Urbain, P. Weiss et F. Trombe, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 2132.

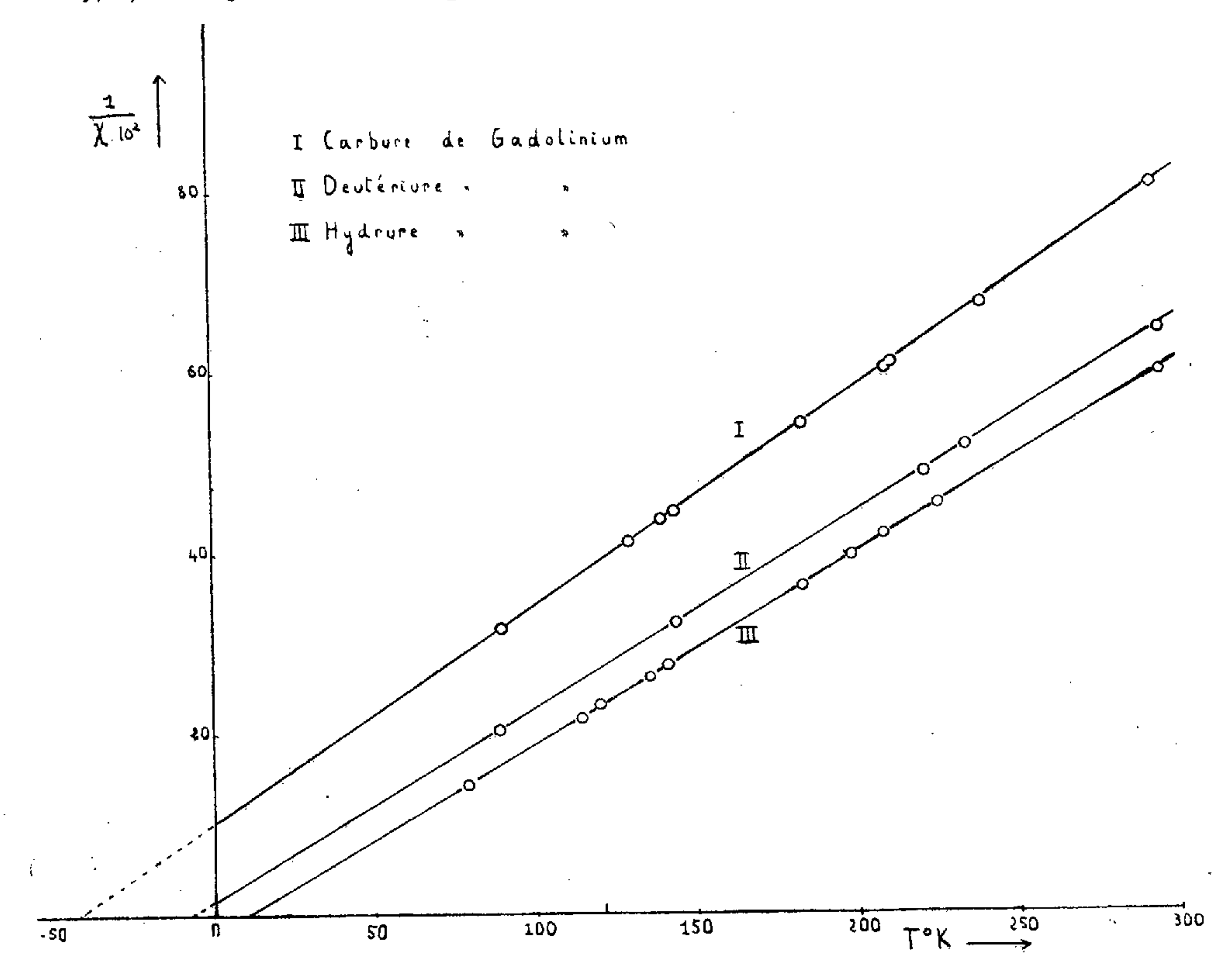
(2) F. Trombe, *ibid.*, **201**, 1935, p. 652.

(3) F. Trombe et F. Mahn, *ibid.*, **217**, 1943, p. 603.

(4) Le deutériure de gadolinium a été préparé par R. Viallard.

(5) *Journ. de Phys.*, 6e série, 7, 1926, p. 180.

La valeur de la constante de Curie étant connue, le moment conventionnel ($\sigma^2 = 3RC_M$) de Langevin peut être calculé. Le moment spectroscopique $\mu_{SB} = \mu_S/\sqrt{(S+1)/S}$, que l'on peut valablement admettre pour le gadolinium ($S = 7/2$) est également indiqué dans le tableau qui résume ces résultats.



L'hydrure, le deutériure et le carbure possèdent sensiblement le moment, correspondant aux sept spins, que l'on avait trouvé pour le métal et l'ion. Aucun des électrons de la couche profonde $4f$ ne participe donc à la formation de ces composés, ce qui, pour le carbure GdC^2 n'était pas évident. Le point de Curie paramagnétique θ est d'autant plus bas que la densité mesurée est plus faible. Pour l'hydrure et le deutériure, qui cristallisent vraisemblablement dans le même système, une variation de densité de 6,45 à 6,20 entraîne une diminution du point de Curie de $+11°K.$ à $-6,5°K.$

OPTIQUE. — *Sur la comparaison des dispersions rotatoires naturelle et magnétique des corps actifs.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'inexactitude de la loi de Wiedemann (loi de proportionnalité des pouvoirs rotatoires naturel et magnétique des corps actifs) a été prouvée par E. Darmois [1]

(1) *Ann. Chim. et Phys.*, **22**, 1910, pp. 247 et 495.

sur des exemples décisifs. Cependant on a signalé depuis ([2]) quelques cas où cette loi paraît s'appliquer, mais aucune explication satisfaisante n'en a été donnée. D'autre part, seules les substances diamagnétiques ont été envisagées jusqu'ici et il reste à examiner le cas important des cristaux paramagnétiques actifs étudiés depuis peu ([3]). Ces diverses questions peuvent être discutées à la lumière des remarques suivantes :

I. *Corps actifs diamagnétiques.* — Les infractions à la loi de Wiedemann sont très nombreuses. On en a donné une explication ([4]) dans le cas où plusieurs bandes d'absorption interviennent. Leur existence est confirmée par la différence de forme des *anomalies* de rotation diamagnétique ([5]) et de rotation naturelle (effet Cotton) dans les bandes d'absorption.

Cependant la règle de Wiedemann semble pouvoir être vérifiée dans quelques cas exceptionnels : si par exemple on envisage le cas simple où le pouvoir rotatoire naturel α obéit à une formule de Borns-Gans à un terme, et si l'on désigne par α_m le pouvoir rotatoire magnétique, on trouve facilement, que le rapport α/α_m est de la forme

$$\frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{3n}{n^2+2} A \left(1 - \frac{\lambda_0^2}{\lambda^2}\right).$$

Ce rapport n'est pas constant quand la longueur d'onde varie, mais, si λ_0 est petit vis-à-vis de λ et si la dispersion du facteur $3n/(n^2+2)$ est négligeable, la loi de Wiedemann peut se vérifier approximativement. Ainsi s'expliquent les résultats d'Ingersoll dans l'infrarouge et de Lowry dans le visible.

Dans le cas général les écarts importants à la loi de Wiedemann doivent, à mon avis, être attribués, non seulement à la différence de forme algébrique des dispersions, mais encore à l'existence de *décalages* entre l'activité optique naturelle et la réfractivité ([6]). Ceux-ci se traduisent par une différentiation des longueurs d'onde réduites actives pour les pouvoirs rotatoires naturel et magnétiques. Dans le cas du camphre par exemple, qui est une exception caractérisée à la règle de Wiedemann, on peut admettre que la bande d'absorption cétonique, qui est très faible mais agit fortement sur le pouvoir rotatoire naturel (à cause de son facteur de dissymétrie élevé), n'agit sensiblement pas sur sa réfractivité. Celle-ci est *commandée* par une bande plus lointaine, qui est la seule à agir pratiquement sur le pouvoir rotatoire magnétique. Ainsi la rotation magnétique apparaît comme *normale* à travers la bande d'absorption (avec en réalité une anomalie diamagnétique très faible), alors que le pouvoir rotatoire

---

([2]) T. M. Lowry, *Optical rotatory power*, London, 1935, p. 167.

([3]) N. Underwood, F. G. Slack et E. B. Nelson, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 355; L. R. Ingersoll, Philip Rudnick et F. G. Slack, *ibid.*, 55, 1939, p. 672 A; F. G. Slack et Philip Rudnick, *Phil. Mag.*, 28, 1939, p. 241.

([4]) G. Bruhat, *Traité de polarimétrie*, Paris, 1930, p. 380.

([5]) A. Cotton et R. Servant, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 513.

([6]) R. Servant, *Journal de Physique*, 3, 1942, p. 90.

naturel est fortement *anormal* et change de signe. Cette interprétation s'appliquerait à un grand nombre de cas.

II. *Corps actifs paramagnétiques.* — Si l'on exprime, suivant la théorie de J. Becquerel et Ladenburg, la rotation paramagnétique α_{pm} et si l'on forme le rapport α/α_{pm}, on trouve facilement qu'il est de la forme

$$\frac{\alpha}{\alpha_{pm}} = \frac{3n}{n^2+2} B.$$

Il est donc cette fois sensiblement constant, mais ceci ne paraît pas susceptible d'une vérification directe, le terme α_{pm} s'accompagnant d'un terme diamagnétique souvent prépondérant. Par contre, les *anomalies* de rotation paramagnétique dans les bandes d'absorption ([7]) ont même forme ([8]) que les anomalies de rotation naturelle. La loi de Wiedemann doit donc leur être directement applicable lorsqu'elles sont simultanées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Corrosion dans les vases, de quelques aciers spéciaux.* Note de M. **Vsevolod Romanovsky**.

Au cours des travaux effectués en vue de la détermination des propriétés physiques des vases, j'ai observé, à maintes reprises, l'oxydation des aciers spéciaux dans les vases marines.

Ces constatations ont été précisées lors de la recherche d'un alliage pour la construction du plongeur du rigidimètre B. F. R. Cet alliage devait résister à l'action oxydante des vases marines.

J'ai ainsi effectué des essais de corrosion en plongeant des plaques d'acier poli dans des bacs contenant la vase et en les y laissant pendant deux mois. Les dimensions des plaques de métal étaient identiques. Le polissage était obtenu à l'aide de feutres gras. Les plaques ont été lavées à l'éther pour éliminer les graisses qui auraient pu protéger le métal.

La partie supérieure de la plaque était en dehors du milieu oxydant, sa partie médiane plongeait dans l'eau et sa partie inférieure se trouvait entièrement immergée dans la vase.

Pour la simplification du tableau ci-après une échelle des degrés d'oxydation a été dressée :

0, aucune corrosion;
1, aucune corrosion, léger ternissement, dépôt calcaire;
2, légère corrosion sans pellicule rouge;
3, légère oxydation avec apparition d'une légère pellicule rouge;
4, forte oxydation avec pellicule rouge foncé;
5, forte corrosion sans pellicule rouge.

Les essais effectués sur 7 métaux m'ont permis de dresser le tableau suivant :

([7]) A. Cotton, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 915; M. Schérer, *ibid.*, **195**, 1932, p. 950.
([8]) R. Servant, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 480.

Métal.	Composition %.	Eau de mer.	Vase marine dans la masse.	Vase marine en surface.	Vase eau douce dans la masse.	Vase eau douce en surface.
Acier au nickel...........	Ni 6	1	1	4	0	0
» »	Ni 25	0	0	2	0	0
» » (platinite)..	Ni 46	0	0	1	0	0
» au nickel-chrome....	Ni 8, Cr 18	0	0	3	0	0
» »	Ni 7, Cr 19	0	0	3	0	0
» au chrome.........	Ni 0,4, Cr 17	0	0	4	0	0
» »	Cr 13	0	0	4	0	0
» ordinaire..........	–	5	5	4	1	4

Les résultats de l'oxydation d'un acier ordinaire ne figurent, dans ce tableau, qu'à titre comparatif.

L'examen du tableau permet de faire les constatations suivantes sur la corrosion des aciers dits *inoxydables* :

1° tous ces aciers sont pratiquements inoxydables dans l'eau de mer;

2° tous ces aciers sont pratiquements inoxydables lorsqu'ils sont entièrement plongés dans la vase marine;

3° tous les aciers spéciaux analysés subissent une importante corrosion lorsqu'ils traversent la surface de la vase ou lorsqu'ils sont soumis à des immersions et émersions successives;

4° tous les aciers sont absolument inoxydables dans les vases d'eau douce même en contact avec la pellicule superficielle;

5° ils ont une tenue exceptionnellement bonne en comparaison avec celle des aciers ordinaires.

Ces quelques constatations nous permettent de tirer des conclusions :

1° les aciers au nickel semblent se comporter mieux que ceux qui ne contiennent que du chrome. L'alliage 18/8 n'a pas une bonne tenue, tandis que la *platinite* se comporte bien, même lorsqu'elle est soumise aux conditions les plus défavorables;

2° la partie la plus oxydante de la vase est constituée par la surface supérieure. Il se forme rapidement une pellicule rouge où se développent vraisemblablement des bactéries strictement aérobies dont l'action exacte demande à être précisée.

Il est indispensable, dans la pratique, de plonger entièrement dans les vases les objets qui sont destinés à travailler dans ce matériau.

Au cas où la surface supérieure de la vase devrait être traversée par l'acier, il est utile de le recouvrir d'un enduit protecteur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Magnétochimie et propriétés cancérigènes des hydrocarbures isocycliques et hétérocycliques.* Note (1) de M. **Adolphe Pacault.**

Nous avons montré (2) que la magnétochimie permettait d'isoler deux groupes de structures mésomères, que nous avons assimilées aux structures de

(1) Séance du 10 juillet 1944.

(2) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 158.

Kékulé et aux structures de Dewar. En chimie organique aromatique, les formes Dewar sont les moins fréquentes et elles ne sont nombreuses, dans la liste récemment publiée, qu'en raison du choix d'hydrocarbures ayant des propriétés biologiques particulières.

On constate en effet que le 1.2-benzanthracène, le 1.2.5.6-dibenzanthracène, la 1.2.5.6-dibenzacridine, le monocyclohexylacénaphtène, la 9-phénylpropylacridine sont à structure Dewar.

Or, les trois premiers sont cancérigènes, le quatrième est actuellement à l'essai et est présumé mitoclasique, le cinquième enfin n'a pas encore fait l'objet d'expériences biologiques. La 9-méthylbenzacridine, dans laquelle les structures Dewar prédominent, est actuellement en cours d'essai et est très probablement cancérigène.

Les structures de Kékulé ou de Dewar ne sont que des représentations formelles qui cachent un mécanisme électronique complexe.

Chaque atome de carbone a, sur les quatre électrons de sa couche L, trois électrons σ et un électron π (Hückel). Les électrons σ assurent les liaisons qui forment l'infrastructure du noyau benzénique, alors que les électrons π constituent les doubles liaisons. La mécanique ondulatoire a conduit Otto Schmidt (2) à relier le caractère cancérigène d'un hydrocarbure à la densité élevée des électrons π en des points particuliers de la molécule.

Nous pensons que tous les électrons π n'ont pas la même importance et que ceux du noyau à liaison Dewar sont privilégiés. Pour les distinguer des autres, nous les appellerons les électrons π_D. Alors que les électrons π tournent à l'intérieur des cycles benzéniques en constituant les doubles liaisons, les électrons π_D, au contraire, ne doivent plus avoir leur libre rotation, comme le montre la diminution du diamagnétisme, conformément à la théorie de Langevin. On pourrait admettre que ces électrons oscillent périodiquement.

Dans quelle mesure, d'autre part, cette diminution du diamagnétisme n'est-elle pas due à un paramagnétisme résultant d'une orientation moléculaire privilégiée consécutive à l'existence des électrons π_D, les phénomènes biologiques étant souvent solidaires de molécules orientées? Les réactions chimiques confirment l'importance de l'électron π_D. C'est ainsi, entre autres choses, que le 1.2.5.6-dibenzanthracène, hydrogéné en 9.10, n'est plus cancérigène, l'hydrogénation ayant pour effet de transformer les électrons π_D en électrons σ. Lorsque l'hydrogénation porte au contraire sur les autres carbones, le caractère cancérigène n'est pas modifié.

Nous précisons ailleurs qualitativement et quantitativement le caractère fondamental de l'électron π_D.

---

(2) *Zeits. Phys. Chem.*, **42**, 1939, p. 83.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Influence des substituants en α. Cas du chlore.* Note de Mlle **Marie-Thérèse Mellier**, présentée par M. Marcel Delépine.

A l'encontre des méthoxyles (¹), les atomes de chlore en 1.4 exercent une action stabilisante sur l'état de labilité de l'oxygène dans les photooxydiphénylanthracènes; il a été montré (²) en effet que le photooxyde dichloré-1.4 se dissocie à 195-200°, c'est-à-dire à température plus élevée qu'en l'absence de chlore (soit 180°); de plus, il semble que cette dissociation soit perturbée, puisque le rendement en oxygène libre est inférieur (77 % au lieu de 95 %).

Nous poursuivons ici l'étude de l'influence du chlore en α : il s'agit de la photooxydation de mésodiphénylanthracènes chlorés en 1 et 1.5.

Ces deux corps se photooxydent rapidement (environ 15 minutes par beau soleil), mais pas simplement, car ils se résinifient vite en solutions sulfocarboniques à la lumière; ils se rapprochent, en cela, des corps méthoxylés précédemment étudiés; malgré les précautions, les rendements en photooxyde purifié sont restés médiocres : 35 % dans le cas du photooxyde chloré-1; 20 % dans le cas du photooxyde dichloré-1.5.

Le photooxyde chloré-1 est un produit blanc-neige qui cristallise dans le sulfure de carbone sous forme d'aiguilles prismatiques; sa dissociation se fait à température normale (175-180°), mais ne donne qu'un rendement de 75 % en oxygène pur. On constate, encore ici, que le chlore en α ne mobilise pas l'oxygène du photooxyde comme le fait le méthoxyle en 1 : on a vu (³), en effet, que le photooxyde méthoxylé-1 se décompose à une température notablement abaissée (150°).

Le photooxyde dichloré-1.5 cristallise dans le sulfure de carbone sous forme de prismes presque incolores, jaune très pâle en masse; sa dissociation se fait à une température un peu supérieure (185-190°) et donne un rendement de 70 % en oxygène pur. Nous ne pouvons faire la comparaison avec le photooxyde diméthoxylé-1.5 puisque l'anthracène correspondant, en solution éthérée, subit sans changement, une insolation de 7 jours (⁴).

Si l'on compare l'action du chlore en α avec celle d'autres groupements, par exemple les méthoxyles, on constate qu'en α les deux actions sont en sens opposé (mobilisation de l'oxygène dans le cas du méthoxyle, stabilisation dans le cas du chlore), bien que l'atome d'halogène, comme l'atome d'oxygène, soit porteur de doublets libres d'électrons capables de participer à la mésomérie du système anthracénique.

Il semblerait, au contraire, qu'en β un halogène ait une influence sur la mésomérie comparable à celle du méthoxyle (⁵) puisque, dans le cas du photo-

---

(¹), (²) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, pp. 171 et 185.
(³) Ch. Dufraisse, L. Velluz et R. Demuynck, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 111.
(⁴) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *ibid.*, **212**, 1941, p. 270.
(⁵) Ch. Dufraisse, R. Demuynck et A. Allais, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 487.

oxyde bromé en 2 ([6]), la décomposition a lieu à température plus basse (165°), avec un rendement en oxygène pur de 90 %; à moins que le brome n'ait une action propre différente du chlore, ce qui reste à voir.

D'autre part il apparaît comme probable que l'influence du chlore en α n'est pas due à une cause de nature stérique, comme dans le cas du méthyle ([7]), puisque l'atome de chlore a un rayon d'encombrement spatial du même ordre de grandeur que celui de l'atome d'oxygène du méthoxyle. Peut-être s'agirait-il d'une action spécifique du chlore en α.

Les deux corps anthracéniques ont été préparés par la méthode usuelle, phénylation de l'anthraquinone correspondante et réduction par IH du diquinol formé. Le quinol et le carbure chlorés en 1 ont déjà été décrits. Nous avons préparé aussi facilement le dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 dichloro-1.5 anthracène $C^{26}H^{18}O^{2}Cl^{2}$: cristaux incolores, F inst. 273,5-274°; le diphényl-9.10 dichloro-1.5 anthracène $C^{26}H^{16}Cl^{2}$: cristaux jaunes F inst. 231,5-232°.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Recherches sur la lumière zodiacale.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons décrit ([1]) un photomètre enregistreur adapté à l'étude de la lumière zodiacale. L'objet de la présente Note est d'exposer les résultats des mesures effectuées avec cet appareil au Pic du Midi, depuis 1941.

Seules 66 courbes photométriques, obtenues dans des conditions parfaites, ont été retenues. Pour comparer quotidiennement les valeurs de l'intensité, l'ordonnée de la courbe est relevée 15 minutes après la fin du crépuscule astronomique, déduction faite de l'intensité de la lumière du ciel nocturne, relevée quelques heures plus tard, lorsque la lumière zodiacale a pratiquement disparu, ou, mieux, en orientant, pendant quelques instants, l'appareil en dehors de la lueur. Celle-ci est observée le soir, à l'Ouest, de janvier à mai et le matin, à l'Est, de juillet à décembre. Par suite de la latitude du Pic (43° N) elle est régulièrement observable à l'horizon nord, durant les quelques heures nocturnes, pendant les mois avoisinant le solstice d'été.

Les enregistrements ont montré que cette intensité pouvait varier, exceptionnellement, de 1 à 4 et, plus fréquemment, de 1 à 2, du jour au suivant. L'intensité maxima a été observée le 1er mars 1943 à 20h, tandis qu'une aurore polaire était signalée à Zagreb le 27 février et que la comète Whipple-Fedtke présentait un brusque regain d'activité le 28. Exceptionnellement forte le 1er, elle était normale le soir précédent et le soir suivant. Disons qu'au Pic du Midi, en période actuelle de minimum d'activité solaire, cette lueur, lors de son plein

([6]) M. et Mme L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 192.

([7]) Ch. Dufraisse, M.-T. Mellier et G. Ragu, *Comptes rendus*, 218, 1943, p. 121.

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1945, p. 124.

développement, nous apparaît toujours plus brillante que la Voie Lactée hors du Sagittaire. Pendant les *nuits claires* des 6 décembre 1942 et 31 août 1943, la lumière zodiacale avait des contours indistincts et l'appareil indiquait une intensité *minima*, peut-être parce qu'elle s'étendait au ciel tout entier. Très variable en mars et en avril 1943, elle a montré une lente décroissance régulière dans son intensité de décembre à mai 1944.

Les courbes photométriques offrent une parfaite régularité. Cependant, trois d'entre elles présentent, par ciel pur, des accidents positifs ou négatifs importants. L'observation montre que de pareils accidents négatifs ne peuvent être reproduits que par l'absorption exercée par des nuages, visuellement ou photographiquement très apparents, se projetant sur la lueur. Des voiles cirreux invisibles ne produiraient aucun effet d'une pareille amplitude.

Des accidents positifs pourraient être simulés par un phénomène auroral localisé dans la direction de la lueur. Bien que la constance de l'intensité lumineuse du ciel nocturne dans une direction voisine soit contrôlée, simultanément, par un second appareil enregistreur, dans le même domaine spectral, cette hypothèse, pourtant peu probable, n'est pas entièrement exclue.

Ces oscillations lentes ont une période d'une dizaine de minutes. Aucune oscillation, ondulation ou palpitation rapide, n'a jamais été observée, bien que la scintillation de Vénus, qui offre une intensité moindre, soit très apparente sur les courbes.

Bien que les observations visuelles en pareille matière ne puissent faire foi, signalons cependant que nous avons observé au Pic (avec M. H. Camichel), le 24 mars 1941 à 20^h, une soudaine quasi extinction d'une lumière zodiacale brillante (non enregistrée), suivie, peu après, d'une recrudescence en élongation et en intensité. L'absorption atmosphérique ne saurait être mise en cause, le ciel étant demeuré immuablement pur et la visibilité des étoiles voisines n'ayant pas changé. Ces variations demeurent cependant très rares, et ne peuvent être surprises que par une observation assidue effectuée dans une station de choix.

Les observations photographiques confirment, enfin, certains déplacements irréguliers, d'un jour à l'autre, de la lueur par rapport aux repères stellaires ou terrestres. L'axe de la lumière zodiacale n'est pas fixe et il ne se confond ni avec l'écliptique, ni avec l'équateur solaire. La forme de la lueur est, elle-même, variable. Elle présente parfois une aile diffuse vers le nord.

Toutes ces observations conduisent à rejeter la théorie classique de ce phénomène l'attribuant à la diffusion de la lumière solaire par un nuage lenticulaire de poussière cosmique entourant le Soleil et confirment sa théorie électrique. Après A. Hansky et K. Birkeland, nous considérons la lumière zodiacale comme le prolongement de la couronne solaire, soit comme la trace de jets électroniques animés d'une vitesse voisine de celle de la lumière et concentrés vers le plan équatorial magnétique solaire.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la colchicine sur les tissus de Topinambour cultivés* in vitro. Note [1] de M. **Gilbert Martin**, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'action de la colchicine sur les cellules végétales a fait l'objet de nombreux travaux (Mangenot, Havas, Gavaudan, Levan etc.) qui ont démontré que les cellules méristématiques placées en présence de cette substance sont le siège de mitoses anormales, appelées *stathmocinèses*, aboutissant à la formation de noyaux polyploïdes. On pense qu'il s'agit d'un simple trouble du cours de la mitose normale résultant d'un empêchement de la formation du fuseau et que la colchicine n'est pas capable de provoquer des stathmocinèses dans un tissu qui ne prolifère pas normalement. Mais cette opinion n'est pas vraiment prouvée, car jusqu'ici les expériences ont uniquement porté sur des méristèmes qui se développent spontanément et dont on ne peut contrôler la prolifération. Pour prouver que la colchicine ne provoque pas les mitoses dont elle perturbe le cours, mais détermine seulement le déroulement anormal de mitoses provoquées par un autre facteur, il est nécessaire d'expérimenter sur un tissu dont la prolifération puisse être contrôlée. Or de tels tissus existent. Gautheret a observé en effet, au cours de ses recherches sur la culture des tissus végétaux, que le parenchyme vasculaire de Topinambour ne prolifère qu'en présence d'hétéroauxine [1]. Nous avons donc cru intéressant d'étudier l'action de la colchicine sur ce matériel. Pour cela, nous avons suivi la croissance de fragments de rhizomes sur des milieux nutritifs renfermant des doses variées de colchicine et d'acide naphtyle acétique.

Le graphique résume les résultats que nous avons obtenus. On constate qu'en présence de faibles doses d'hétéroauxine (10^{-9}) les tissus ne se développent pas, quelle que soit la dose de colchicine employée. L'observation de coupes obtenues par les méthodes cytologiques confirme cette notion, car on constate que les cellules ne se modifient pas et qu'il n'y a ni mitoses, ni stathmocinèses. Donc la colchicine est incapable de produire de stathmocinèses dans un tissu qui ne prolifère pas de lui-même.

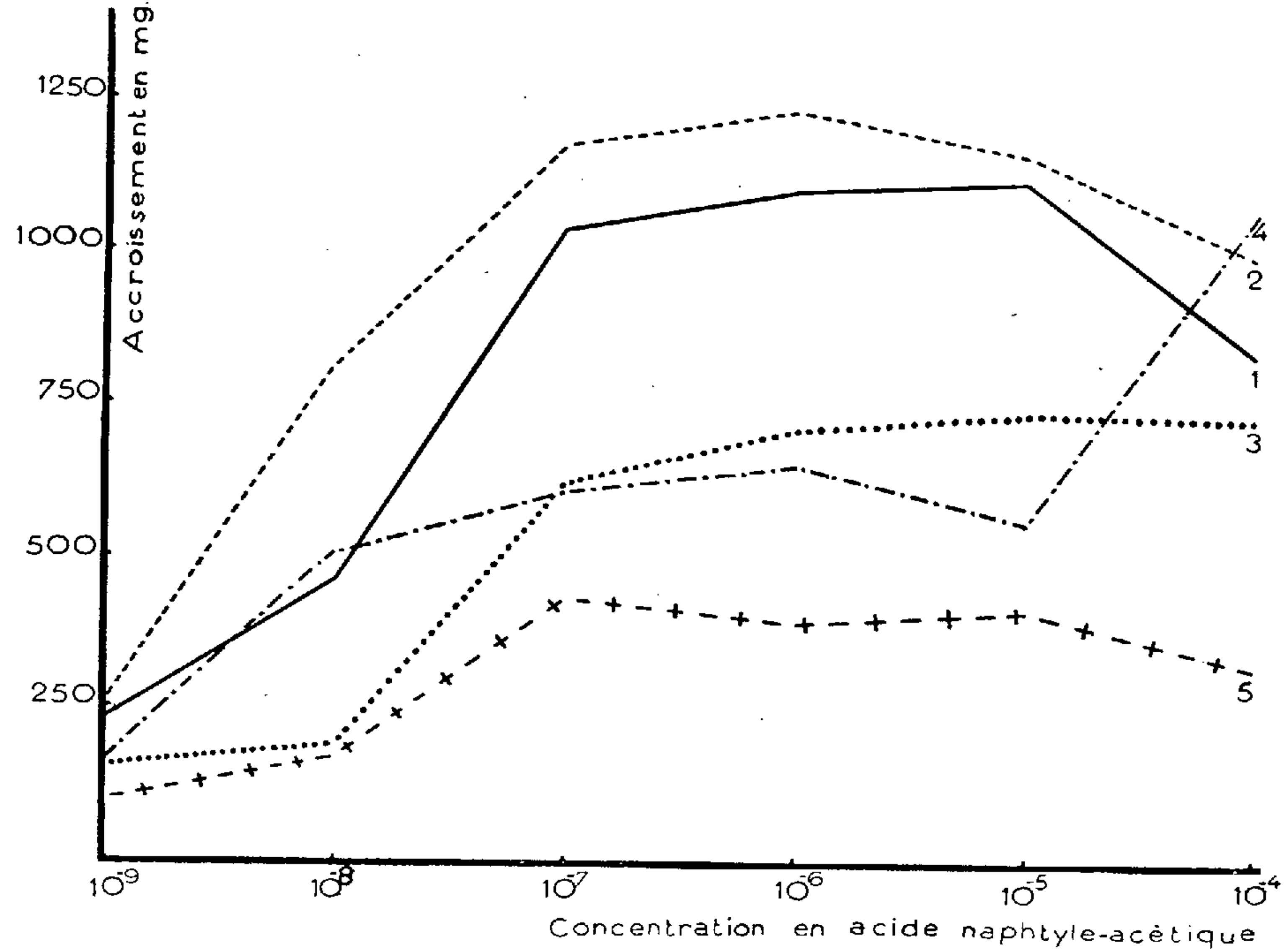
L'examen de ce graphique montre aussi que de faibles doses de colchicine (10^{-6}) renforcent l'action de l'hétéroauxine et permettent aux tissus de s'accroître plus activement que lorsque celle-ci est seule présente dans le substratum. Nous avons constaté que cette excitation de la croissance ne s'accompagne d'aucune anomalie des mitoses. La colchicine, employée à faible dose, semble donc être un excitant de la multiplication, à condition d'être employée concurremment à l'hétéroauxine. On remarquera d'ailleurs que cette action est d'autant plus marquée que la croissance est plus faible, c'est-à-dire qu'il y a moins d'hétéro-auxine dans le milieu. Ce résultat nous paraît

(1) Séance du 17 juillet 1944.

(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 13-47.

bien établi, car nous l'avons obtenu dans deux séries d'expériences distinctes.

Notre graphique montre enfin que, si l'on élève la dose de colchicine au-dessus de 10^{-6}, celle-ci exerce une action inhibitrice de plus en plus intense à mesure



Accroissements de fragments de Topinambour ayant été cultivés sur des milieux renfermant des doses variées de colchicine et d'acide naphtyle-acétique. 1, témoin : cultures réalisées sans colchicine; 2, colchicine, 10^{-6}; 3, colchicine, 10^{-5}; 4, colchicine, 10^{-4}; 5, colchicine, 10^{-3}.

que la concentration est plus forte. L'examen de coupes permet de constater que, dans ces conditions, la région périphérique des explantats produit des cellules géantes renfermant des noyaux multilobés dérivant de stathmocinèses. L'une de nos courbes (4), concernant les tissus cultivés en présence de colchicine à la dose de 10^{-4}, présente une anomalie, car elle s'élève rapidement pour les fortes doses d'hétéro-auxine. Ceci est dû au fait que l'action conjuguée de la colchicine à une concentration de 10^{-4} et d'acide naphtyle acétique à la dose de 10^{-4} également rend les tissus spongieux, si bien que les fragments s'imbibent de milieu de culture, ce qui fausse les pesées. En résumé nos recherches montrent que :

1° des doses de colchicine inférieures au seuil d'action mitoclasique (10^{-6}) ne produisent aucune anomalie nucléaire, mais excitent la formation de mitoses provoquées par d'autres facteurs, notamment par l'acide naphtyle acétique;

2° à des concentrations plus élevées, égales ou supérieures au seuil d'action mitoclasique (10^{-5}, 10^{-4} etc.), la colchicine ne manifeste aucun effet mitogénétique, mais, au contraire, elle trouble le cours de mitoses provoquées par d'autres facteurs, notamment par l'acide naphtyle acétique, et inhibe la prolifération.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une méthode histologique permettant de mettre en évidence la circulation polarisée de l'acide indole-acétique.* Note (¹) de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les travaux classiques de Went, Beyer et Van der Weij ont établi que les auxines circulent au sein des tissus végétaux exclusivement dans le sens feuille-racine. Ces auteurs ont mis en évidence cette polarité de circulation au moyen de dosages. Plus tard Went et nous-même avons montré qu'en plaçant la région foliaire d'un fragment d'organe (²) au contact d'un milieu additionné d'hétéroauxine, il se forme des racines dans la région radicale, ce qui prouve également que cette substance circule dans le sens feuille-racine. Nous avons confirmé ces résultats par des observations histologiques dont voici le principe. On cultive des tranches de Carotte sur un milieu additionné de 1^{mg} d'acide indole-acétique par litre (10^{-6}). Au bout d'un mois on examine au microscope des coupes radiales pratiquées dans ces tranches. On observe alors les résultats suivants :

Les tranches dont la face radicale est baignée par la solution produisent sur

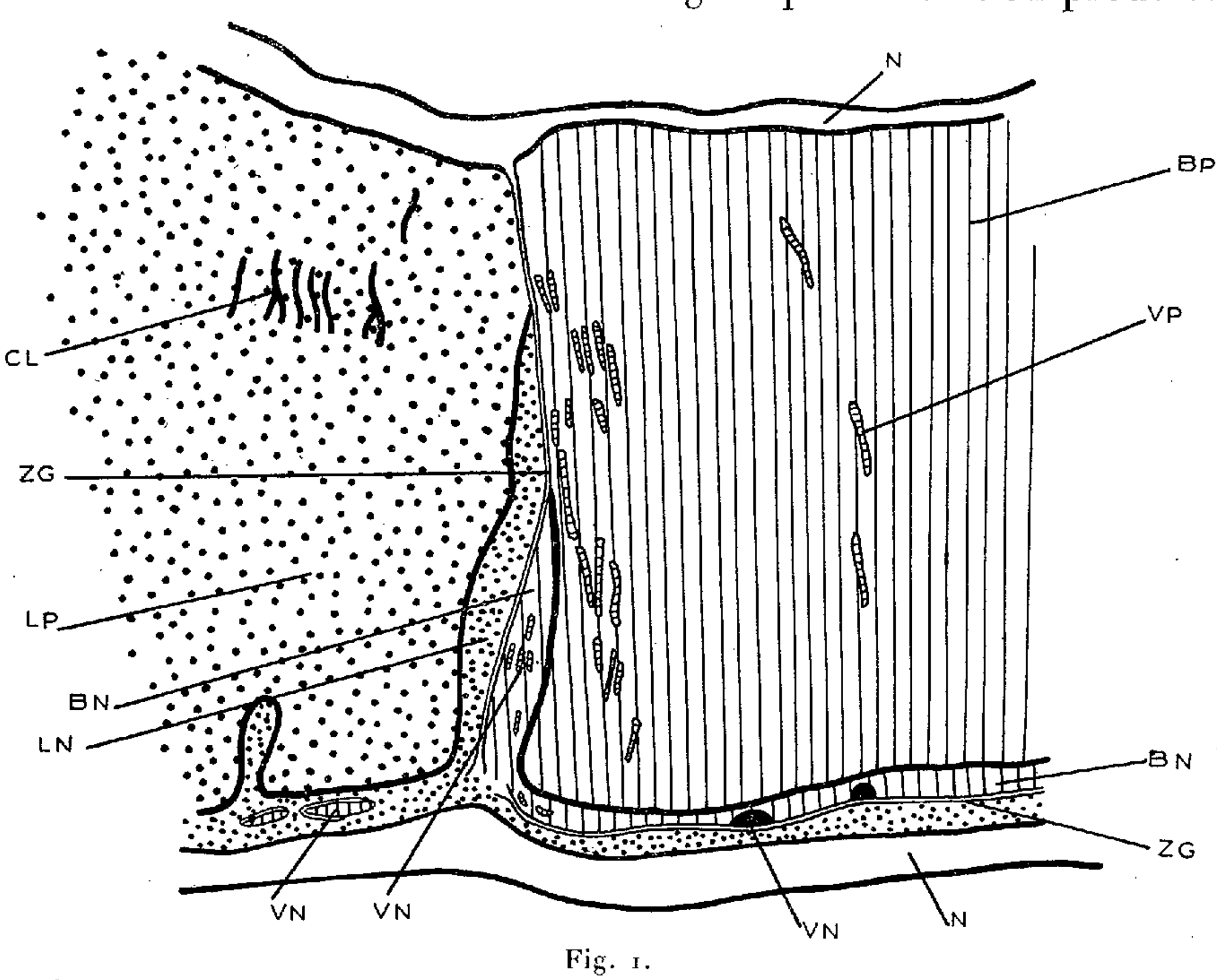


Fig. 1.

Coupe radiale pratiquée dans une tranche de Carotte ayant été cultivée sur un milieu renfermant 1^{mg} d'acide indole acétique par litre (10^{-6}) dans une position telle que sa face radicale soit au contact du milieu.

BP et BN, parenchymes vasculaires préexistant et néoformé; VP et VN, vaisseaux préexistants et néoformés; LP et LN, libers préexistant et néoformé; ZG, zone génératrice libéro-ligneuse; CL, cordon libérien; N, tissu néoformé homogène.

cette face un cal de structure complexe (*fig.* 1). En face du parenchyme vasculaire, ce cal comporte un tissu néoformé (N) dans lequel se trouve une zone génératrice (ZG) raccordée à la zone génératrice normale de la tranche et pro-

(¹) Séance du 17 juillet 1944.

(²) La région foliaire d'un fragment d'organe est la partie qui se trouve du côté du bourgeon terminal lorsque le fragment appartient encore à la plante intacte. La région opposée est appelée région radicale.

duisant vers l'extérieur du parenchyme vasculaire et vers l'intérieur du liber. Ces formations s'observent d'ailleurs sans hétéroauxine. En face du liber l'hétéroauxine provoque la formation de cellules ligneuses (VN) noyées dans un tissu néoformé de type libérien. Ces formations sont toujours superficielles, ce qui indique que l'hétéroauxine ne pénètre pas profondément dans les tissus. Enfin la zone génératrice libéro-ligneuse préexistante prolifère dans la région radicale pour donner du parenchyme vasculaire et du liber néoformés. Cette prolifération localisée n'est pas due à l'hétéroauxine, mais semble résulter de l'accumulation, dans la région radicale, des substances de division présentes dans les tissus.

En observant une coupe pratiquée dans une tranche dont la face foliaire est contre le milieu de culture, on observe une structure analogue. Mais la zone génératrice au lieu de proliférer seulement dans la région radicale fonctionne

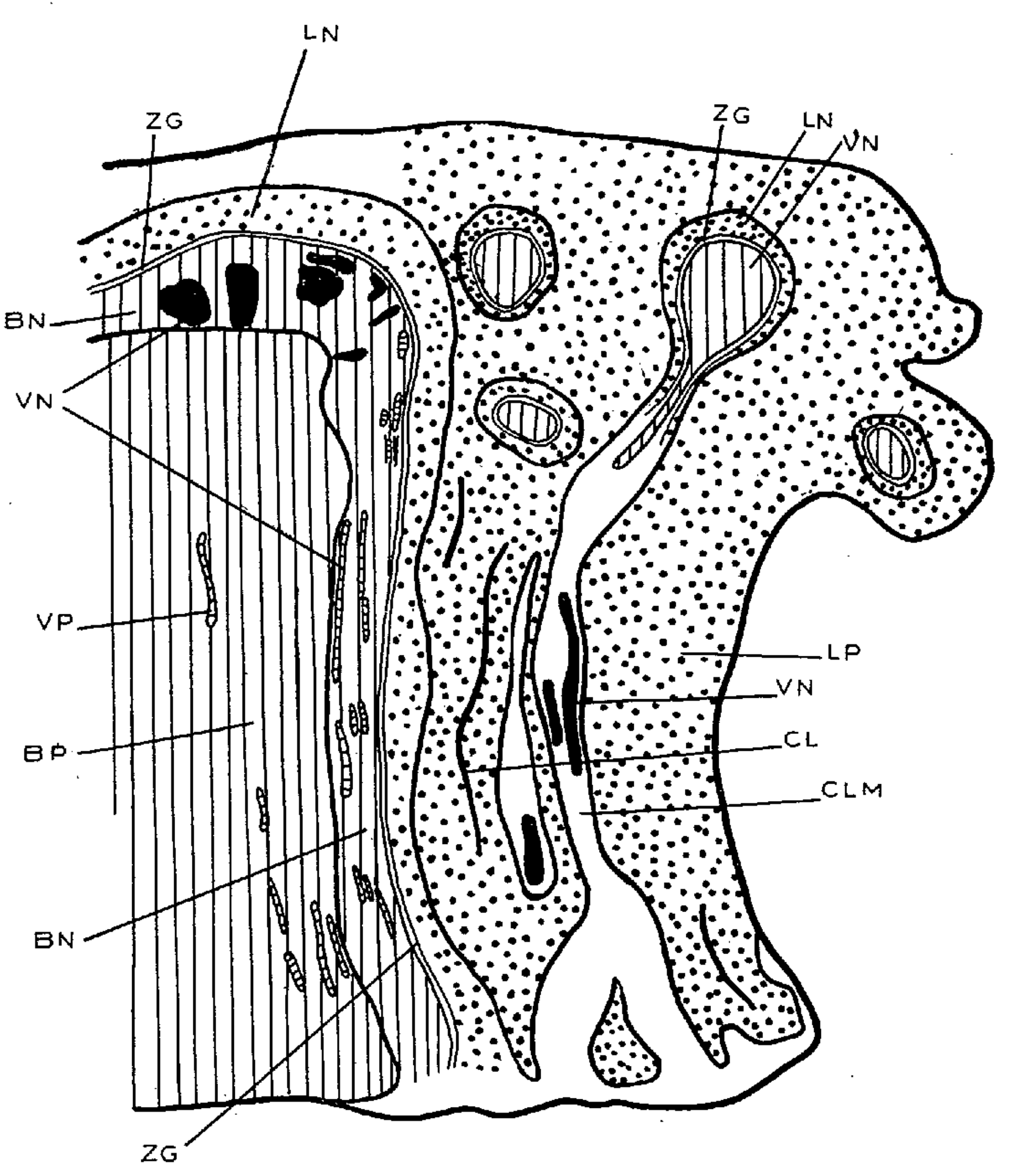


Fig. 2.

Coupe radiale pratiquée dans une tranche de Carotte ayant été cultivée sur un milieu renfermant 1mg d'acide indole-acétique par litre (10^{-6}) dans une position telle que sa face foliaire soit au contact du milieu.

BP et BN, parenchymes vasculaires préexistant et néoformé; VP et VN, vaisseaux préexistants et néoformés; LP et LN, libers préexistant et néoformé; ZG, zone génératrice libéro-ligneuse; CL, cordon libérien; N, tissu néoformé homogène.

sur tout son trajet (*fig.* 2). Ceci montre que l'hétéroauxine a pénétré dans la profondeur du tissu cambial. En outre les cordons libériens (CL) qui parcourent le liber (LP) prolifèrent pour donner des faisceaux cribro-vasculaires

formés par une zone génératrice (ZG) produisant des vaisseaux (VN) et du liber (LN). Cette prolifération gagne la profondeur des tissus, ce qui montre que l'hétéroauxine a pénétré très loin.

En résumé, ces observations histologiques prouvent que l'acide indoleacétique ne circule pas dans le sens racine-feuille, mais uniquement dans le sens feuille-racine.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Relations phylogénétiques entre le* Tr. vulgare *et le* Tr. monococcum *d'après le pigment pourpre*. Note (¹) de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons signalé (²) la transmission héréditaire du pigment pourpre dans les hybrides de Blés : Engrains et Froments; froments français et chinois; froments européens, africains et canadiens. Ces documents permettent de présenter des conclusions relatives aux relations phylogénétiques entre *Tr. vulgare* et *Tr. monococcum*; les expériences faites à la Station Berthelot (Bellevue S.-et-O.) à partir de 1936 et aux Établissements Vilmorin (Verrières-le-Buisson) à partir de 1942, et poursuivies depuis sans interruption fournissent quelques résultats nouveaux.

Chez *Tr. monococcum* var. *vulgare*, nous avons observé que la couleur pourpre apparaît d'abord dans le coléoptile, puis dans les gaines des plantules; cette couleur persiste jusqu'à la mi-avril et disparaît peu à peu avec la chaleur. La couleur pourpre réapparaît dans les anthères en fanaison. Dès que les épis se développent, nous trouvons des anneaux pourpres au-dessous des nœuds de chaumes, et la coloration de ces anneaux persiste longtemps même après la récolte du Blé.

Chez *Tr. vulgare* var. *Blé pourpre de Ngan-King*, nous avons observé que la couleur pourpre apparaît d'abord dans le coléoptile, puis dans les gaines des plantules; cette couleur persiste jusqu'à la mi-avril et disparaît peu à peu avec la chaleur. Plus tard les épis se développent et nous trouvons des anneaux pourpres au-dessous des nœuds de chaumes, comme chez l'Engrain. Mais il y a d'autres phénomènes qui séparent ces deux espèces : la couleur pourpre des anthères ne se montre pas chez le Blé de Ngan-King; les gaines des feuilles et les chaumes ne portent pas de pigment pourpre chez l'Engrain, alors qu'il est très abondant chez le Blé pourpre de Ngan-King. Enfin les grains de l'Engrain ne présentent pas de couleur pourpre; le Blé de Ngan-King est précisément défini par la présence du pigment pourpre dans les téguments de ses grains.

Le pigment pourpre ne se présente pas sur toutes les variétés de *Tr. monococcum* par exemple, chez *Tr. monococcum* var. *flavescens* (Engrain double). Nous n'en trouvons aucune trace ni sur les coléoptiles, ni sur les plantules, ni sur les gaines des feuilles, ni sur les tiges, ni sur les grains. Sur différentes

---

(¹) Séance du 24 juillet 1944.

(²) *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 975 et 1004; **219**, 1944, p. 78.

variétés de *Tr. vulgare*, que nous possédons à Bellevue et à Verrières-le-Buisson, nous en avons observé et mentionné quelques aspects qu'il est inutile de rappeler ici. La plupart des variétés de *Tr. vulgare* n'ont pas de pigment pourpre; dans certaines variétés il n'y a que des anneaux pourpres au-dessous des nœuds de chaumes et cela tantôt dans une partie de lignée, tantôt dans toute la lignée. Cela nous conduit à penser que les variétés pourpres de *Tr. vulgare* sont des mélanges à ascendance complexe et l'Engrain double qui diffère notablement de *Tr. monococcum*, doit être rapproché des Froments par l'absence du pigment pourpre et une série d'autres caractères, contrairement aux classifications adoptées par Körnicke (1873) et Percival (1921).

Le pigment pourpre disparaît souvent dans les hybrides par suite de disjonction. Nous citons deux cas :

Premier cas. — ♀ Blé p. L, m. n° 1 × ♂ [T. 105 garnet × (Allora × Florence) 12104/L]. La mère et le père ont porté du pigment pourpre, mais, parmi leurs descendants, nous avons trouvé des lignées sans pigment pourpre.

Deuxième cas. — L'Hybride de la paix dont nous nous sommes servi comme père pour l'hybride de Blé *monococcum* × *vulgare* est le produit d'une suite d'hybridation. Parmi ses ancêtres il y a eu des variétés à pigment pourpre, mais l'Hybride de la paix en offre peu de trace.

En 1936, nous avons fécondé le Blé Engrain par le Froment; les descendants du type paternel portent le pigment pourpre avec les traits constatés chez les Blés chinois (Blé pourpre de Ngan-King, Blé rouge de Han-Kéou). Ce qui est remarquable, c'est que le même phénomène paraît s'être produit chez les Blés africains [T. 105 garnet × (Allora × Florence) 12104/L] et Pusa 4-1076/5/4, à savoir la présence de pigment pourpre sur les plantules, sur les tiges, sur les gaines de feuilles avec des anneaux pourpres au-dessous des nœuds; les combinaisons ainsi apparues se maintiennent dans les générations ultérieures, fait qui nous conduit à penser que les variétés de *vulgare*, qui portent du pigment pourpre, sont ou bien des hybrides fixés, ou des variétés élémentaires contemporaines de l'origine de *vulgare*.

La présence de pigment pourpre sur les tiges et sur les gaines des feuilles est moins importante que celle visible sur les coléoptiles, sur les plantules, sur les anthères ou sur les grains, car le milieu extérieur agit sur le développement du pigment pourpre; la portion de tige enveloppée par les gaines de feuilles en porte beaucoup moins la preuve de l'influence du milieu extérieur. L'Engrain ne porte pas le pigment pourpre sur les tiges, ni sur les gaines des feuilles, fait qui nous semble moins important; le point capital est que le pigment pourpre se présente dans les anthères, fait qui distingue nettement l'Engrain des Froments.

A 17^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 10^m$. A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 AOUT 1944 (¹).

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur CHARLES ACHARD,
par M. **CHARLES MAURAIN**.

CHARLES ACHARD est né à Paris le 24 juillet 1860. Il commença ses études de médecine en 1877, fut externe des Hôpitaux en 1881, interne en 1882, médecin des Hôpitaux en 1893. Agrégé en 1895, il devint professeur de Pathologie générale à la Faculté de Médecine en 1910, Chaire qu'il échangea plus tard pour une Chaire de Clinique médicale. Il fut médecin de l'hôpital Tenon de 1897 à 1907, et passa ensuite à Necker, puis à Beaujon et à Cochin. L'Académie de Médecine l'avait élu le 9 mai 1911; en 1921, il en devint le Secrétaire Général; avant cette date, l'Académie de Médecine avait un Secrétaire Perpétuel; à ce moment ce poste fut supprimé, et le Secrétaire Perpétuel remplacé par un Secrétaire Général, élu pour 5 ans, et non rééligible; mais la haute estime et la sympathie dont jouissait Achard à l'Académie conduisirent bientôt à modifier cette disposition, et à rendre le Secrétaire Général rééligible : Achard y fut toujours réélu depuis. Il avait été élu à l'Académie des Sciences, dans la Section de Médecine et Chirurgie, le 18 mars 1929.

Clinicien de haute valeur, Achard considérait que la Clinique, qui est en quelque sorte une application de la Science médicale, peut et doit contribuer au progrès de cette Science, et lui-même a prouvé, en de nombreuses recherches, l'importance que peut prendre cette contribution; mais il jugeait aussi que les études cliniques doivent être liées au travail de laboratoire; dans toute son œuvre il a puisé ses arguments dans une expérimentation variée en même temps que dans l'observation, et il s'est illustré à la fois comme clinicien, biologiste, physiologiste et bactériologiste.

De son œuvre très considérable il n'est possible ici que de citer quelques exemples.

(¹) En raison de l'interruption de service du Chemin de fer Métropolitain, la séance de l'Académie est ouverte à 16 heures 30 au lieu de 15 heures.

Achard a créé une méthode nouvelle pour l'exploration des fonctions du rein, dont les déficiences entraînent des maladies de formes diverses. Il injecte aux malades un colorant inoffensif, le bleu de méthylène, dont les conditions de l'élimination urinaire renseignent sur le fonctionnement rénal.

Par tout un ensemble de recherches, il a montré le rôle joué par le chlorure de sodium lorsque son élimination par le rein devient insuffisante; ce sel ne s'accumule pas alors dans le sang, mais passe dans les tissus, s'y emmagasine avec l'eau de dissolution, et produit ainsi l'infiltration œdémateuse. Ses travaux à ce sujet ont conduit au traitement rationnel de l'œdème.

Il a étudié les échanges chimiques qui se font entre le système sanguin et ce qu'il a appelé le *système lacunaire*, constitué par les cavités intercellulaires, les espaces conjonctifs et les cavités séreuses. Ces espaces contiennent un liquide dont la composition diffère de celle du sang et de celle de la lymphe, et le système lacunaire sert à la fois de réservoir et d'exutoire à de nombreux éléments en excès ou en défaut dans le sang, et, par des échanges réciproques, devient une sorte de régulateur de la composition du sang.

On doit à Achard l'importante découverte du microbe de la fièvre paratyphoïde. On ne distinguait pas auparavant cette affection de la fièvre typhoïde; Achard a montré l'existence d'une maladie cliniquement semblable à la typhoïde, mais déterminée par un agent pathogène indépendant qu'il a appelé *bacille paratyphique*. Cette conclusion, d'abord attaquée, fut bientôt confirmée et est maintenant universellement consacrée.

Je ne peux que rappeler, parmi beaucoup d'autres travaux d'Achard, ceux relatifs à l'insuffisance glycolytique, au diabète, à l'encéphalite léthargique, aux altérations des leucocytes, au rôle du colibacille dans les infections urinaires, aux échanges respiratoires consécutifs aux intoxications par les gaz. Ces derniers furent effectués au cours de la guerre de 1914-1918, pendant laquelle il présida la Commission de thérapeutique contre la guerre chimique et dirigea un hôpital de gazés.

Achard a beaucoup voyagé; dans ses Mémoires, qu'il a écrits octogénaire, il dit sa passion des voyages, et combien il fut heureux de s'y livrer quand le développement de sa carrière le permit. La plus grande partie de l'Ouvrage est consacrée à ses randonnées « à travers le vaste monde ». Nombre d'entre elles furent d'ailleurs motivées par des Congrès, par l'invitation d'Universités étrangères, et par des missions, en particulier celles dont il fut chargé dans la plupart de nos colonies; quand la guerre actuelle éclata, il était en Guyane, et son retour en France, qu'il ne voulut pas différer, fut assez mouvementé.

A la retraite depuis une dizaine d'années, Achard n'avait pas cessé son activité; il parle très joliment dans ses Mémoires de cette époque d'activité « libre et choisie ». « Les souvenirs » dit-il « y prennent plus d'éclat, ... le jugement se fortifie ..., la vie intérieure se développe, et nous cultivons avec

plus d'amour le jardin secret où se passe la meilleure part de notre existence spirituelle ».

Achard a terminé, par une vieillesse sereine et digne, une vie toute de travail et de dévouement à la Science et à l'Humanité souffrante.

OPTIQUE. — *Réfractométrie de précision.*
Note de MM. **Jacques Duclaux** et **Valmire Bricout**.

Les instruments les plus employés pour la mesure de l'indice de réfraction des solutions donnent la 4e décimale; quelques-uns donnent une approximation de 2 à 3 unités de la 5e décimale. Pour aller plus loin il faut avoir recours à l'interféromètre; mais les modèles courants d'interféromètre ne peuvent être utilisés qu'en lumière blanche et ne se prêtent pas aux mesures de dispersion. En fait il n'existe que bien peu de mesures ayant une précision réelle plus grande que quelques unités de la 5e décimale.

Les applications de la réfractométrie des solutions deviendraient bien plus nombreuses si l'on pouvait atteindre facilement, pour l'indice de réfraction et pour la dispersion, la 6e décimale, car bien des phénomènes ne deviennent mesurables avec une précision suffisante qu'à cette condition. Pour l'indice, les chiffres absolus ne sont pas nécessaires, et il suffit le plus souvent de connaître la différence entre l'indice de la solution et celui du solvant. La méthode doit être simple, rapide et ne doit pas exiger, comme l'interférométrie de précision, des appareils coûteux et délicats.

Nous avons constaté que les mesures différentielles à la 6e décimale, par la méthode ordinaire du prisme, ne comportaient aucune difficulté réelle.

L'appareil est un simple goniomètre construit par M. Bouty pour un travail tout différent, et très robuste. Le collimateur a 50^{cm} de foyer; la lunette, de 72^{cm} de foyer, permet des grossissements de 24 à 60. La solution est contenue dans un prisme de 60° en bronze. La fente habituelle est remplacée par une division micrométrique au 1/10 empruntée à un micromètre oculaire de microscope. Les visées se font avec un oculaire micrométrique; on pointe successivement 11 traits de la division micrométrique à l'aller et 11 au retour, ce qui donne en 10 minutes 22 mesures, dont on prend la moyenne.

L'emploi d'un thermostat est inutile : le goniomètre est dans une salle à température variable, sans qu'aucune mesure soit prise pour la régulariser. Le prisme suit les variations assez lentement pour que, en 10 minutes, sa température ne varie que de quelques centièmes de degré. Elle est mesurée avec un thermomètre à mercure ordinaire au 1/100. Les mesures sont réduites à une température uniforme, par exemple 20°, au moyen d'une courbe d'étalonnage. La pression barométrique doit être lue au millimètre.

La précision obtenue pourrait sans doute être doublée par quelques modifications actuellement irréalisables. Elle est maintenant d'environ une unité de la 6e décimale, comme le montrent les résultats suivants :

1° Nous avons mesuré l'indice de réfraction de l'eau pour la raie jaune de l'hélium par rapport à l'air ambiant à la pression 760mm, pour 19 températures comprises entre 15° et 25°. Les mesures sont bien représentées par la formule à deux coefficients

$$n_t = n_{20} - 0,0000863(t - 20) - 0,000000207(t - 20)^2.$$

L'écart moyen des nombres calculés par cette formule et des nombres expérimentaux est 0,0000012. Si l'on admet que, à 20°, l'indice de réfraction de l'eau est 1,333000, la formule donne :

15°...	1,333380	18°...	1,333164	21°...	1,332912	24°...	1,332622
16 ...	1,333312	19 ...	1,333084	22 ...	1,332819	25 ...	1,332517
17 ...	1,333240	20 ...	1,333000	23 ...	1,332722		

Toutefois ces nombres ne sont exacts que pour l'échelle de température du thermomètre à mercure en verre dur, qui n'est pas très bien définie.

Deux autres séries de mesures sur l'eau ont donné des écarts moyens de 0,0000012 et 0,0000010.

2° La mesure de la dispersion dans le jaune et le vert (raies de He) n'a pas rencontré de difficultés. Quatre mesures réduites à 20° ont donné, comme dispersion entre 5875,6 et 5015,7,

0,0033273   0,0033250   0,0033236   0,033240,

dont l'écart moyen avec la moyenne 0,0033250 est 0,0000012. Ici encore nous ne considérons pas le chiffre que nous donnons comme tout à fait exact, car il dépend de la distance focale de la lunette, que nous ne connaissons pas avec une approximation relative supérieure à 1/500.

Dans un intervalle plus restreint de longueur d'onde, la précision obtenue est supérieure. Nous avons pu déterminer directement la dispersion de l'eau entre les deux raies jaunes du mercure 5769,6 et 5790,7. Quatre séries de mesures ont donné

0,00006866   0,00006866   0,00006819   0,00006893,

soit en moyenne 0,00006861 avec une erreur probable inférieure à 1/200, soit 3 ou 4 unités du 7e ordre. Cette précision de 1/200 est d'autant plus remarquable que l'eau est un liquide très peu dispersif et que la distance des deux raies jaunes du mercure n'est que 3,6 fois la distance de D_1 et D_2.

Pour le rouge et surtout pour le violet, le défaut d'achromatisme du collimateur et de la lunette diminue beaucoup la précision obtenue.

Au degré de précision que nous obtenons actuellement, la réfractométrie donne une méthode d'analyse très sensible. Ainsi la différence entre l'indice de réfraction de l'eau distillée bouillie et celui de l'eau du robinet, renfermant environ 0g,35 de résidu sec au litre, est 0,0000592 ± 0,0000007, c'est-à-dire que la présence de 1/100000 de matière dissoute est perceptible. Une

solution d'alcool éthylique à 1/4500 en poids donne, bien que l'alcool soit à peine plus réfringent que l'eau (1,361 contre 1,333), une augmentation d'indice de 0,0000105. La tyrosine, considérée comme insoluble, augmente l'indice de l'eau de 0,000095. La variation de l'indice permet également de suivre la marche des réactions chimiques. Enfin la mesure des rapports de dispersion des diverses substances dissoutes, donnant des nombres variables de l'une à l'autre, permet de les reconnaître.

CORRESPONDANCE.

SPECTROSCOPIE ASTRONOMIQUE. — *La mesure des vitesses radiales avec un prisme objectif à champ normal.* Note de M. **Charles Fehrenbach**, présentée par M. Charles Fabry.

Depuis longtemps on a essayé de profiter de la grande luminosité et du champ étendu du prisme objectif pour la mesure des vitesses radiales. Mais les mesures absolues de longueurs d'onde paraissent impossibles. De nombreuses tentatives ont été faites pour échapper à cette difficulté. E. C. Pickering [1] a proposé en 1896 la méthode suivante.

Avec un prisme objectif prenons un cliché d'un champ stellaire, tournons ensuite le prisme de 180° autour d'une normale au plan de symétrie qui contient l'arête du prisme. Repointons l'instrument et faisons une seconde pose sur le même champ stellaire. Chaque étoile donne ainsi deux spectres juxtaposés, dont l'un (spectre 1) a le violet à gauche, l'autre (spectre 2), le violet à droite.

Supposons que le retournement du spectre de l'étoile centrale se fasse autour d'une raie stellaire bien définie R ($H\gamma$ par exemple). Pour l'étoile centrale la distance $R_1 R_2$ des deux images de la raie R est nulle. Soit une étoile très voisine de l'étoile centrale ayant une vitesse radiale différente, par exemple plus grande. La raie R aura une longueur d'onde plus grande et l'image R_1 est déplacée vers la droite, l'image R_2 vers la gauche. La distance $R_1 R_2$ est proportionnelle à la différence de vitesse radiale entre les deux étoiles.

Malheureusement ce phénomène est compliqué par les propriétés optiques du prisme ordinaire. Soit une étoile éloignée de l'étoile centrale, mais ayant même vitesse radiale. Si la raie R subissait la même déviation que la raie R de l'étoile centrale (déviation minimum), elle se photographierait en R_0 pour les spectres 1 et 2. Mais, comme le minimum de déviation n'est plus réalisé pour cette étoile, elle est déplacée vers le violet dans chacun des spectres d'une petite quantité, qui est la distorsion de champ du prisme. La distance $R_1 R_2$ due à la distorsion simule une vitesse radiale qui dépasse facilement 1000 km/sec. De plus l'un des spectres est légèrement dilaté, l'autre légèrement contracté.

(1) *Harvard Circulars*, **13**, 1896; *Astronomische Nachrichten*, **142**, 1896, p. 105.

Toutes les tentatives de mesure de vitesses radiales par la méthode de retournement ont échoué à cause de l'importance de ces corrections, qu'il est pratiquement impossible de déterminer avec une précision suffisante.

En vue de la mesure des vitesses radiales par la méthode de retournement, nous avons étudié un prisme composé qui ne présente pas ces défauts. Il est constitué par un prisme en flint d'angle 2 A auquel sont accolés deux prismes en crown au baryum, d'angles A. L'ensemble a la forme d'un parallélépipède. Les deux verres ont été choisis de telle façon qu'ils aient même indice pour une radiation λ_0, mais des dispersions aussi différentes que possible. La dispersion résiduelle est voisine de celle d'un prisme en crown d'angle 2 A. L'industrie met assez de types de verres à notre disposition pour que nous puissions choisir la longueur d'onde normale λ_0.

1° Pour la radiation normale, le prisme se comporte comme une lame à faces parallèles, la déviation en lumière parallèle est donc rigoureusement nulle quelle que soit l'incidence i dans le plan de section principale, et quel que soit l'angle θ du rayon avec le plan de section principale. *Le prisme est à vision directe et à champ normal.*

Le rapport de similitude entre le spectre correspondant aux incidences i et θ et le spectre au minimum de déviation est donné par la formule

$$r = 1 + M i^2 + N \theta^2, \qquad \text{où } M = \frac{1 + n^2 + 2 \operatorname{tg}^2 A}{2 n^2}, \quad N = \frac{1 + n^2}{2 n^2}.$$

Ce rapport, qui dépend de i^2 et non de i (comme le facteur correspondant du prisme ordinaire), *prend une valeur voisine de* 1,0002 *pour* $i = 1°$ *au lieu de* 1,002 *pour le prisme ordinaire.*

Remarquons qu'un système constitué par un seul prisme de flint, accolé à un prisme de crown au baryum de même angle, est aussi à vision directe et à champ normal, mais sa dispersion varie aussi fortement avec l'incidence i que pour un prisme ordinaire.

Avec un prisme objectif constitué par notre prisme à champ normal, la méthode de Pickering s'applique sans aucune correction de champ.

On peut faire le dépouillement des clichés selon deux méthodes différentes :

1° Soient R_1 et R_2 les deux images d'une même raie. La variation de la distance $R_1 R_2$ entre l'étoile centrale (D_0) de vitesse radiale v_0 et une étoile quelconque (D et v) permet de calculer la différence de vitesse radiale d'après la formule $v - v_0 = k(D - D_0)$, où k est une constante instrumentale.

2° On peut montrer, de facon plus générale, que la distance entre deux raies R'_1, prise dans le spectre 1, et R''_2, prise dans le spectre 2, obéit à la même relation pourvu que les images R'_1 et R''_2 soient voisines sur le cliché.

Cette remarque est intéressante, car elle montre que les mesures sont possibles avec un spectrocomparateur.

Notre prisme peut être utilement associé à un grand télescope. Les rayons

seront rendus parallèles par le miroir auxiliaire ou par une lentille divergente.

La mesure des longueurs d'onde effectives par la méthode de von Klüber ([2]) peut être simplifiée en plaçant deux prismes à champ normal opposés devant le même objectif (le prisme à champ normal formé par deux prismes seulement est suffisant dans ce cas). Il est indiqué de laisser subsister une petite déviation résiduelle pour que les deux spectres ne chevauchent pas.

De façon générale ce prisme à champ normal remplacera avantageusement un prisme ordinaire chaque fois qu'une faible dispersion est suffisante.

MAGNÉTISME. — *Relations entre les teneurs en azote, les moments magnétiques, les points de Curie d'une part, et les distances entre atomes voisins de manganèse d'autre part, dans la solution solide ferromagnétique de l'azote dans le manganèse.* Note ([1]) de MM. **Charles Guillaud** et **Jean Wyart**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le manganèse à l'état métallique n'est pas ferromagnétique. Il le devient dans certains de ses alliages binaires et ternaires, et l'on constate alors que la distance d entre atomes voisins de manganèse est plus grande que dans le métal. Ayant montré ([2]) que, dans ses alliages hexagonaux, le manganèse est ferromagnétique à partir de $d = 2{,}81$ Å, nous avons étendu ces recherches à la solution solide ferromagnétique de l'azote dans le manganèse.

Les azotures ont été préparés en employant du manganèse de Merck et de l'azote privé d'oxygène. A une température inférieure à 800° C. environ, on obtient la solution solide pour des concentrations atomiques comprises entre 20 % (Mn^4N) et 21 % atomes d'azote. De 800 à 1200° C., en faisant varier la température et la pression, nous avons obtenu une solution solide continue entre les limites de 11,50 à 21,25 % at. d'azote; à partir du composé Mn^3N^2 (28,56 % at. d'azote), les azotures ne sont plus ferromagnétiques. Chaque échantillon obtenu, d'une masse de 4 à 5 g, était homogène au millième près. Les synthèses déduites des masses de manganèse et d'azote introduites sont en bon accord avec les analyses chimiques, sauf pour les plus faibles teneurs en azote, où l'incertitude atteint 3 %.

L'étude aux rayons X (diagrammes de poudres) a été faite avec la radiation $K\alpha$ du fer; les paramètres cristallins ont été déduits des mesures des raies *en retour*, de faibles intervalles réticulaires, ce qui assure une précision relative de 1/2000. Dans tous les échantillons étudiés, nos diagrammes, confirmant ce qu'a montré Hagg ([3]), montrent, au premier examen, que la phase ferromagnétique est

([2]) *Astronomische Abhandhungen. Ergänzung zu den Astronomischen Nachrichten*, 5, n° 1, 1925.

([1]) Séance du 7 août 1944.

([2]) Charles Guillaud, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

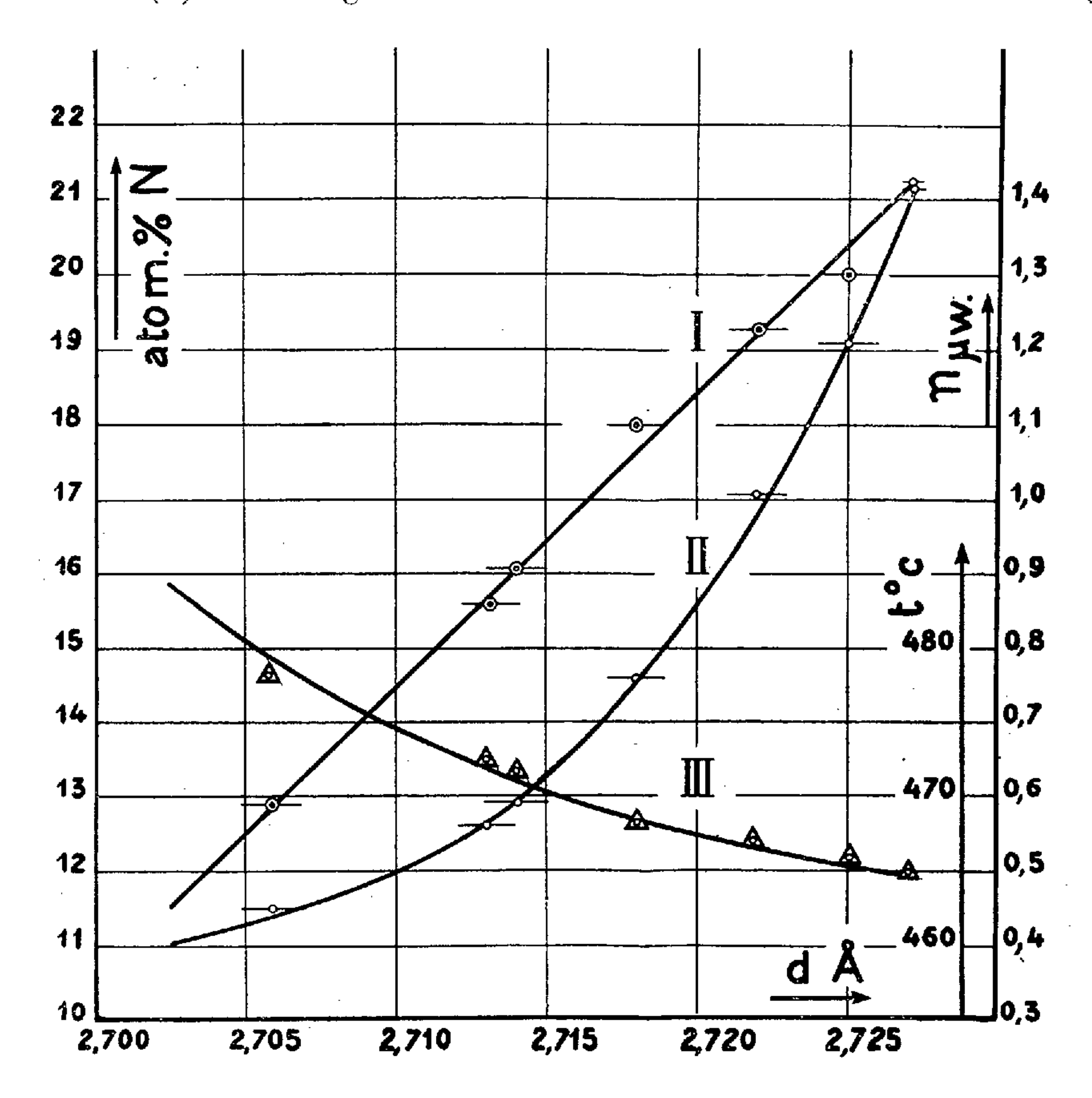
([3]) *G. Z. Physik. Chem.*, 4, 1929, pp. 346-370.

cubique, avec les translations d'un réseau de cubes à faces centrées, et non quadratique pseudocubique comme l'affirme R. Ochsenfeld ([1]). Mais en plus nous avons décelé des raies faibles de surstructure dans les diagrammes d'échantillons riches en azote. Les atomes d'azote ne se répartissent pas d'une manière désordonnée soit aux nœuds du réseau des atomes de manganèse, soit dans les cavités octaédriques ou tétraédriques de cet assemblage. Les raies de surstructures établissent que les atomes d'azote forment un réseau cubique et sont répartis régulièrement au centre des mailles des atomes de manganèse.

Résultats. — A mesure que la solution solide s'enrichit en azote, le réseau cristallin se dilate. Les diagrammes, effectués sur des échantillons de teneurs en atomes d'azote comprises entre 12,90 et 21,25 %, montrent que l'arête a varie entre

$a = 3{,}826$ Å pour 12,90 % at. d'azote et $a = 3{,}857$ Å pour 21,21 % at. d'azote.

La courbe (I) de la figure traduit les variations de la distance $(a/\sqrt{2})$



entre atomes voisins de manganèse en fonction du titre atomique en azote. Cette variation est linéaire. Les distances ferromagnétiques d satisfont à la

([1]) *Ann. der. Phys.*, **12**, 1932, p. 353.

double inégalité $2,702\,Å \leq d \leq 2,727\,Å$. L'incertitude sur la distance est représentée pour chaque point par un segment de droite. La courbe (II) montre que le moment à saturation de l'atome de manganèse (pour $T = 0°K$. et $H = \infty$), exprimé en magnétons de Weiss, a une allure exponentielle en fonction des distances d. Ce moment passe de $n = 0,410$ à $n = 1,415\,\mu_W$ entre les teneurs extrêmes en azote. Enfin la courbe (III) exprime la dépendance des points de Curie et des distances d. Contrairement aux moments, qui varient dans le même sens que d, les points de Curie s'élèvent quand la distance d diminue et s'échelonnent de 465° C. à 485° C.

Sur toutes ces courbes, aucun point singulier ne met en évidence le composé Mn^4N. Cet alliage ne joue pas un rôle particulier dans la solution solide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de grossissement des cristaux dans les transformations allotropiques.* Note [1] de M. **Pierre Laurent**, présentée par M. Léon Guillet.

Le grossissement d'un cristal se fait par l'annexion progressive des atomes qui sont voisins de ses frontières. Chacun de ces atomes passe d'une position d'équilibre stable A où il fait partie de la phase A à une autre plus stable B dans le nouveau cristal de la phase B. Les positions A et B correspondent à un minimum de l'énergie totale du système; entre ces minima, il existe un maximum correspondant à une énergie U′ (l'énergie de A prise comme zéro). Pour qu'un atome soit annexé par le cristal en cours de grossissement, il doit avoir au moins l'énergie U′; la probabilité que l'atome ait au moins l'énergie U′ est $e^{1/T(\theta/2 - U'/C)}$ [2] (θ étant la température caractéristique d'Einstein, T la température absolue, K la constante de Boltzmann). L'atome venu en B pourra retourner en A s'il possède au moins l'énergie $U' + \mathcal{E}$. Par suite la probabilité que le cristal s'accroisse d'un atome est

$$e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2} - \frac{U'}{K}\right)} - e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2} - \frac{U' + \mathcal{E}}{K}\right)} \sim \frac{\mathcal{E}}{KT} e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2} - \frac{U'}{K}\right)}.$$

Or $\mathcal{E}$ est proportionnel à $\mu_A - \mu_B^r$ [3], c'est-à-dire à $\mu_A - \mu_B - (3\Sigma/r)$. Le nombre $N\,dt$ d'atomes annexés par le cristal pendant le temps dt est proportionnel à cette probabilité et à la surface du cristal

$$N\,dt = 4\pi r^2 A \frac{\mathcal{E}}{KT} e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2} - \frac{\theta'}{K}\right)},$$

A désignant une constante. Le volume du cristal augmente pendant le même

---

(1) Séance du 7 août 1944.

(2) P. Laurent et J. Valeur, *Comptes rendus*, **217**, 1942, p. 631.

(3) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 320.

temps de $4\pi r^2\,dr$, donc la vitesse linéaire de grossissement du cristal est

$$\omega = \frac{dr}{dt} = \frac{A}{K}\,\frac{\mu_A - \mu_B - \dfrac{3\Sigma}{r}}{T}\,e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2}-\frac{U'}{K}\right)}.$$

Pour $r = 3\Sigma/(\mu_A - \mu_B)$, $\omega = 0$, tandis qu'au fur et à mesure du grossissement du cristal, ω tend vers une valeur constante

$$\omega_e = \frac{A}{K}\,\frac{\mu_A - \mu_B}{T}\,e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2}-\frac{U'}{K}\right)}.$$

Ce fait a été vérifié expérimentalement par divers auteurs ([4]). Si l'on remplace $\mu_A - \mu_B$ par $q(T_e - T)$ ([3]) on a

$$\omega_e = \text{const.}\,\frac{T_e - T}{T}\,e^{\frac{1}{T}\left(\frac{\theta}{2}-\frac{U'}{K}\right)}.$$

Il est facile de voir que $\omega_e = 0$ pour $T = 0$ et $T = T_e$. Il est à remarquer que les maxima de ω_e et de $\mathcal{N}$ ([2]) ont lieu pour des températures indépendantes l'une de l'autre.

Cette théorie conduit à conclure qu'à une température donnée le nombre de germes formés par unité de temps et de volume est constant, donc que la vitesse de grossissement des cristaux est pratiquement constante. C'est sur ces hypothèses que Johnson et Mehl ([5]) se sont basés pour calculer la variation de la quantité d'alliage transformé en fonction du temps; ils ont trouvé ainsi des résultats conformes à l'expérience.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence d'une faible quantité d'hydrogène sur le module d'élasticité du fer et mise en évidence d'une sous-structure du fer.* Note ([1]) de MM. **Georges Chaudron** et **Léon Moreau**, transmise par M. Albert Portevin.

Nous avons montré ([2]) que l'hydrogène dissous dans le fer provoque une augmentation de son module d'élasticité de l'ordre de 10 %. Dans ces expériences, du fer Armco était chargé par électrolyse sous une tension de 110 volts ($t = -10^\circ$C.); le volume d'hydrogène fixé était d'environ 130^{cm^3} pour 100^g de métal. Dans ces conditions de chargement et pour cette teneur en hydrogène, on atteint la dureté maximum. Dans de nouvelles expériences nous avons pu atteindre une teneur en hydrogène voisine de 200^{cm^3} pour 100^g; on peut alors observer au microscope l'apparition d'inclusions gazeuses intergranulaires;

([4]) Kornfeld et Sauvitzki, *Phys. Z. Sowjet*, 8, 1935, p. 528 (Sn, Cd, Fe); Kornfeld et Pawlow, *ibid.*, 6, 1934, p. 537 (Al); Muller, *Z. Physik*, 96, 1935, p. 279 (Cl, Na); Colline et Mathewson, *Metals techn.*, 7, 1940, *Techn. Public.*, p. 1145 (Al).

([5]) Johnson et Mehl, *Metals techn.*, 6, 1939; *Techn. Public.*, p. 1089.

([1]) Séance du 31 juillet 1944.

([2]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 507.

celles-ci diminuent la section utile de l'éprouvette qui sert à la mesure du module, et il en résulte une baisse apparente très rapide de cette caractéristique. Les résultats de ces mesures sont représentées par la courbe *a* de la figure 1.

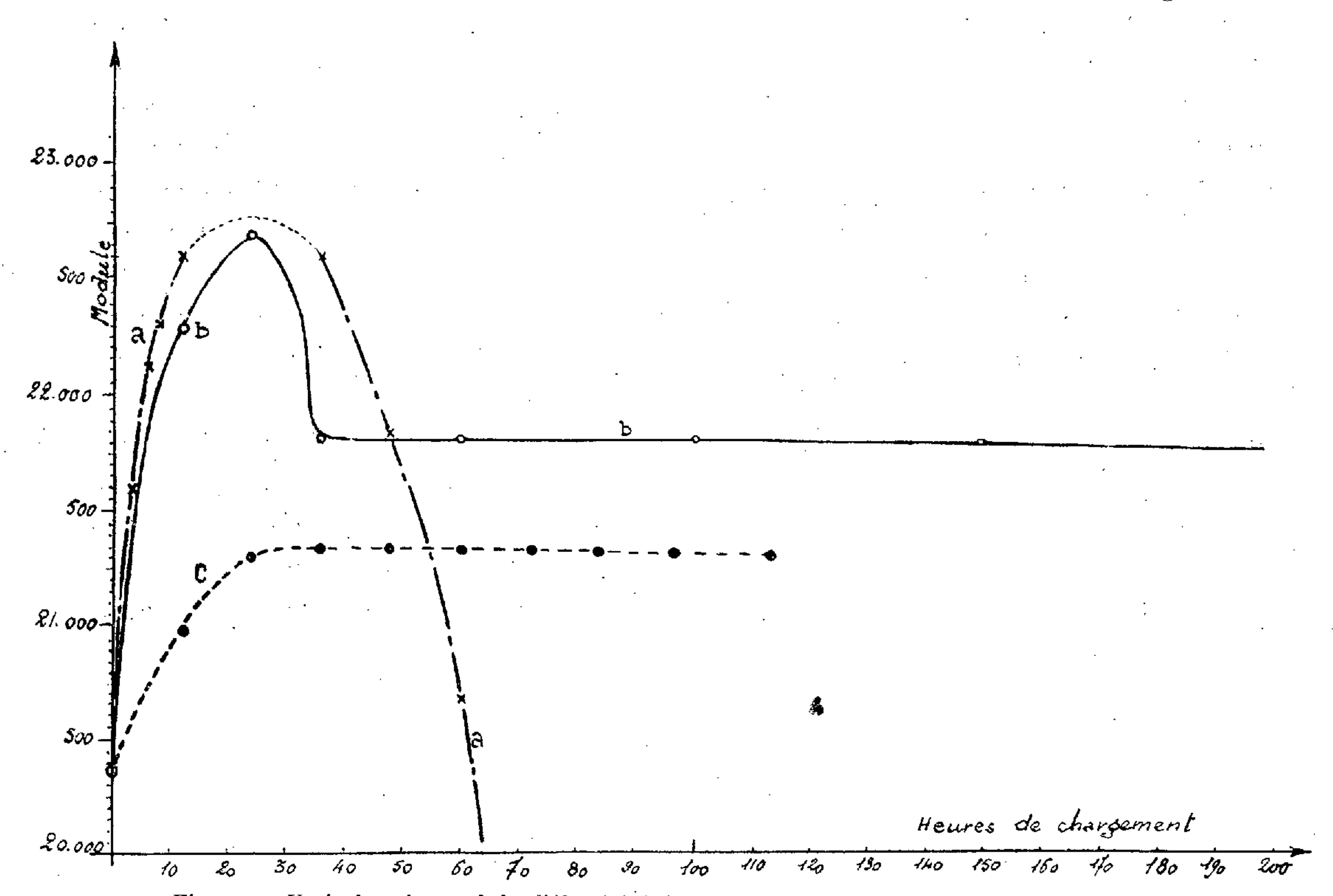


Fig. 1. — Variation du module d'élasticité du fer observée au pendule Le Rolland-Sorin, en fonction du temps de chargement.
Courbes : *a*, sous 120 volts, $t = -10°$ (métal brut); *b*, sous 5 volts, $t = 20°$ (métal brut); *c*, sous 5 volts, $t = 20°$ (métal dégazé).

Si l'on effectue le chargement électrolytique sous une tension beaucoup plus basse, par exemple aux environs de 5 volts ($t = 15°$C.), on observe que le volume maximum d'hydrogène qui a été fixé est seulement de l'ordre de 10^{cm^3} pour 100^g. Mais il est remarquable de constater, en comparant les courbes *a* et *b* de la figure 1, que l'on peut obtenir, dans les deux cas, une augmentation du module du même ordre de grandeur. De plus, on notera que le dernier mode de chargement ne provoque, quelle que soit sa durée, aucune variation de la dureté du métal.

Si l'on extrait les gaz à froid, par la méthode du bombardement ionique, on revient rigoureusement à la valeur initiale du module; puis, si l'on effectue un nouveau chargement (sous 5 volts), le module croît à nouveau (courbe *c* de la figure 1) et il atteint alors une valeur parfaitement constante. On peut également, dans une première opération de chargement cathodique, obtenir une courbe régulière du type *c*, en opérant sur une éprouvette de fer préalablement

débarrassée de ses gaz d'élaboration, en particulier de son oxyde de carbone. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point dans une publication plus détaillée.

Au point de vue de la position occupée par les atomes d'hydrogène dans un cristal de fer, il semble permis, d'après ces expériences, de supposer qu'une faible partie de l'hydrogène dissous, celle qui agit sur le module, se trouve en insertion dans le réseau. Nous avons donc pensé que la plus grande partie de l'hydrogène, responsable de l'écrouissage, pouvait être fixée dans les zones de transition qui séparent les petits blocs mosaïques, dont l'ordre de grandeur serait de 10^{-4} cm, d'après l'hypothèse de Darwin. On remarquera que cette sous-structure peut donc se trouver à la limite de l'observation microscopique.

Nous avons chargé un monocristal de fer sous une tension élevée (120 volts à — 10°). Ce métal a pu dissoudre 150^{cm^3} d'hydrogène pour 100^g et on lui a ainsi donné sa dureté maximum. Si l'on observe un tel cristal avec les forts grossissements habituels, 1000 par exemple, on ne constate, après polissage mécanique et attaque ordinaire, aucune modification de l'aspect normal de la surface; mais il en est tout autrement si l'on utilise un grossissement supérieur à 2000. Dans ce cas, on observe (*fig.* 2) une structure lignée très fine, d'autant

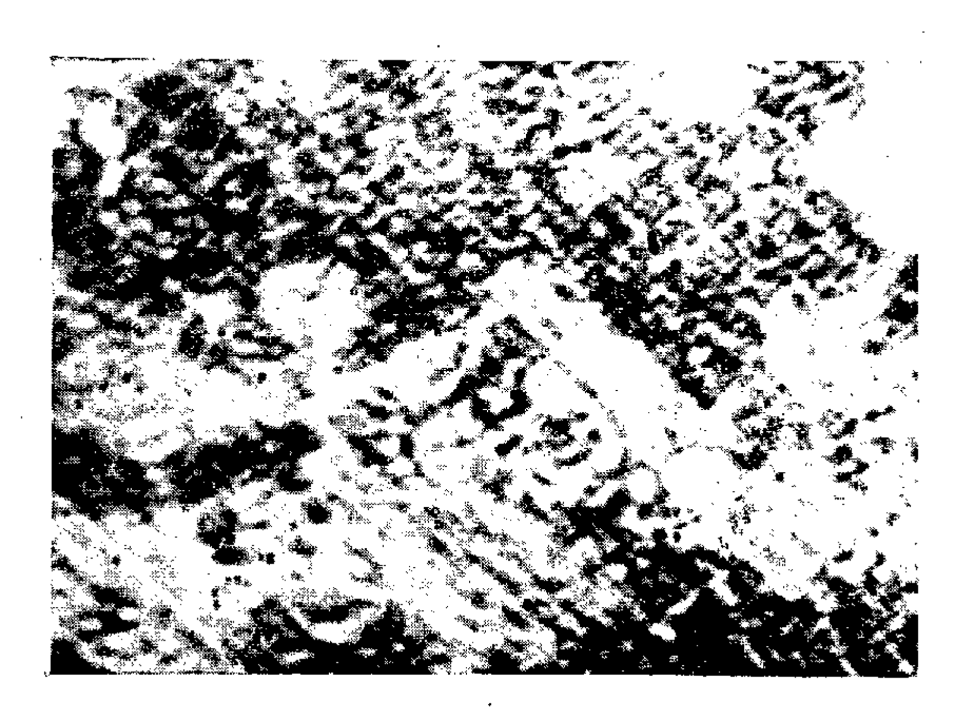


Fig. 2. — Échantillon monocristallin de fer Armco chargé d'hydrogène par électrolyse (12 heures à 10°, 5 amp : dm²) (G = 3.200, objectif apo. immersion homogène O. N. 1,30). Les zones blanches observées sont dues à un dégagement d'hydrogène dans l'huile de cèdre.

plus nette que le chargement en hydrogène a été poussé plus longtemps. On peut obtenir également le même aspect en polissant électrolytiquement l'échantillon. L'orientation de cette sous-structure dépend de celle de la face attaquée. Ajoutons que l'on arrive à des conclusions assez voisines dans le cas de l'aluminium très chargé en hydrogène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Point de fusion du bore.*
Note de M. **Jean Cueilleron**, présentée par M. Paul Lebeau.

Tant à cause des difficultés que présente la préparation de bore pur qu'à cause de celles que l'on rencontre au cours des mesures, un très petit nombre d'auteurs ont cherché à déterminer le point de fusion du bore.

Les chiffres indiqués jusqu'ici s'étagent entre 2000 et 2500° C. avec des erreurs souvent très importantes ([1]), ([2]). Il faut dans leur ensemble adresser deux critiques à ces chiffres :

a. le bore utilisé est souvent d'une pureté douteuse;

b. les températures indiquées ne sont pas des températures réelles, mais, presque toujours, des températures de brillance, les mesures étant faites par visées au moyen d'un pyromètre sur la surface du bore dont le pouvoir émissif est inconnu.

Nous avons déterminé le point de fusion du bore pur cristallisé, préparé par réduction du chlorure de bore par l'hydrogène dans un arc haute fréquence ([3]), en utilisant un bloc Maquenne chauffé à l'hydrogène atomique et constitué par une barre de tungstène de section rectangulaire (6×3^{mm}) et de 10^{cm} de long. Cette barre, disposée horisontalement, est chauffée à l'une de ses extrémités, le dard de la flamme étant situé à 3 ou 4^{mm} au-dessous de la face inférieure. L'échantillon est posé sur la face supérieure, le dard et l'échantillon étant dans un même plan vertical.

La détermination du point de fusion se fait en mesurant, au moyen d'un pyromètre à disparition de filament et à coin absorbant ([4]), la température du bloc de tungstène lorsque l'échantillon s'affaisse sur celui-ci.

Cette technique permet d'opérer dans une atmosphère neutre vis-à-vis du bore et d'entraîner les vapeurs très opaques émises par ce corps dès 1200° ([1]), et qui sont capables de fausser les mesures. D'autre part l'excellente conductibilité thermique du tungstène assure un chauffage uniforme de la partie utile du bloc, cependant que la très faible vitesse de vaporisation du tungstène aux environs de 2000° ([5]) empêche toute contamination du bore par ce métal.

En opérant avec des échantillons de quelques millimètres cubes de bore, nous obtenons, après corrections, tenant compte du pouvoir émissif du tungstène, des valeurs comprises entre 1992 et 2248° C.

([1]) Weintraub, *Trans. Amer. Electroch. Soc.*, **16**, 1909, p. 165; *J. Amer. Soc.*, **37**, 1915, p. 1646; *J. Eng. Chem.*, 3, 1911, p. 165.

([2]) Tiede et Birnbrauer, *Z. anorg. Chem.*, **87**, 1914, p. 143; *Circular of the Bureau of Standards*, n° 35, 4° édit., 1er décembre 1919; Gurtler et Pirani, *Z. Metallk.*, **11**, 1919, p. 3; Kahbemberg, *Trans. Amer. Electroch. Soc.*, **47**, 1925, p. 23.

([3]) Hackspill et Cueilleron, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 458.

([4]) Ribaud, *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 289.

([5]) Langmuir, *Phys. Z.*, **14**, 1913, p. 1273.

De façon à éliminer toute erreur provenant de l'étalonnage du pyromètre, des corrections de pouvoir émissif et des différences de température existant entre le bloc et l'échantillon, nous avons, en prenant dans des conditions identiques les points de fusion du platine (1773° C.) et de l'iridium (2454° C.), tracé la courbe graduations du pyromètre-températures exactes. Nous obtenons alors pour point de fusion du bore des chiffres compris entre 2000 et 2075° C.

La dispersion assez importante des lectures faites au pyromètre, tant avec le bore qu'avec le platine et l'iridium, due à la rapidité avec laquelle se produit la fusion, explique l'écart de 75° qui existe entre les chiffres précédents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constantes physiques de quelques cyclohexadiènes substitués.* Note de MM. **Étienne Canals, Max Mousseron** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. Spectres Raman. — Cette étude complète les essais physiques effectués sur quelques cyclohexènes substitués ([1]). Pour les cyclohexadiènes des difficultés se présentaient : sensibilité à la lumière (polymérisation possible constatée sur certains d'entre eux par variation de la densité et de l'indice de réfraction); petite quantité de substance obtenue. Technique adoptée : 1° une seule excitation par 4358 Å; 2° durée des poses inférieures à quatre heures; 3° utilisation d'un condenseur à grande ouverture; 4° largeur de la fente du collimateur, 250μ.

Méthyl-1 cyclohexadiène-2.4 (I). — 160 ff, 243 ff, 289 ff, 346 ff, 457 ff, 503 ff, 563 ff, 762 f, 781 f, 860 ff(L), 952 Ff(L), 995 ff, 1048 ff, 1177 Ff, 1215 f, 1271 ff, 1299 ff, 1407-1458 f(b), 1527 ff, 1577 F, 1645 ff(L), 2808 ff, 2880 ff, 2928 ff(L), 3040 f(L).

Méthyl-1 cyclohexadiène-2.6 (II). — 447 ff, 508 ff, 618 ff, 796 ff, 962 ff, 1005 Ff, 1163 Ff, 1177 Ff, 1220 f, 1314 ff, 1374 ff, 1444 Ff(L); 1536 ff, 1600 F, 1654 f, 1677 ff.

Diméthyl-1.4 cyclohexadiène-2.6 (III). — 412 ff, 478 ff, 588 ff, 781 ff, 821 ff, 952 ff, 1000 ff, 1034 ff, 1172 ff, 1220 ff, 1434 f, 1453 Ff, 1586 Ff, 1632 Ff.

Éthyl-1 cyclohexadiène-2.6 (IV). — 598 ff, 693 ff, 830 ff, 1005 Ff, 1167 f(b), 1182 ff, 1388 ff, 1434 F(b), 1590 Ff, 1668 f(L).

n-Propyl-1 cyclohexadiène-2.6 (V). — 300 ff, 337 ff, 791 ff, 884 ff(b), 952 ff(L), 986 ff, 1034 ff, 1063 ff, 1096 ff, 1172 f(L), 1215 Ff, 1238 ff(L), 1402 ff, 1430-1453 F(b), 1586 FF(L), 1645 FF(L), 2868 f, 2928 f(L).

Isopropyl-1 cyclohexadiène-2.6 (VI). — 891 ff, 952 ff, 1087 ff, 1172 ff, 1229 ff, 1304 ff, 1328 ff, 1448 F(L), 1591 F(L), 1632 Ff, 1668 Ff.

n-Butyl-1 cyclohexadiène-2.6 (VII). — 518 ff, 563 ff, 865 ff, 962 ff, 1000 ff, 1063 f(L), 1101 ff(L), 1149 ff, 1205 Ff, 1224 f, 1299 ff, 1332 ff, 1430-1453 Ff(*b*), 1586 F(L), 1645 FF(L).

Nota. — ff, très faible; f, faible; Ff, moyenne; F, forte; FF, très forte; L, large; b, bande.

En comparant ces spectres à ceux de dérivés cyclohexéniques et benzéniques

([1]) M. Godchot, E. Canals, Mlle G. Cauquil, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1407; E. Canals, M. Mousseron, L. Souche et P. Peyrot, *ibid.*, **202**, 1936, p. 1519.

correspondants, nous avons constaté, comme l'a fait Kohlrausch [2] pour le cyclohexadiène-1.3, que ces corps sont purs.

La raie $\nu(C-C)$ du cyclohexadiène (846 Ff) varie de fréquence avec les substitutions. La raie $\nu(CH^2)=1427$ du cyclohexadiène se retrouve avec une légère variation de fréquence dans tous les diènes-2.6 substitués, mais, pour les deux derniers, apparition d'une bande couvrant un assez grand espace spectral. Le même phénomène s'observe avec les carbures cycléniques substitués (*loc. cit.*).

Comme pour les cyclohexènes déjà étudiés, la raie $\nu(C=C)=1573$ du cyclohexadiène subit d'abord une brusque augmentation de fréquence en passant du cyclohexadiène au dérivé méthylé, mais, une fois cette valeur atteinte, la nature de la substitution n'entraîne qu'une légère diminution de fréquence.

Notons en outre l'influence de la position du méthyle par rapport à la double liaison; pour le diène en 2.4, il n'y a qu'une faible variation de fréquence, alors qu'elle devient importante pour le 2.6 (1577 et 1600); une légère différence est à constater également entre le *n*-propyl et l'isopropyl; ce dernier fait avait été observé pour les dérivés du cyclohexène. Enfin, à partir de l'éthyle, la substitution fait apparaître une raie supplémentaire toujours forte dans la région 1600.

II. Déterminations physiques.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Éb. (760).........	101°	107–108°	127°	133°	155–157°	151°	180°
d_{18}^{18}..............	0,8231	0,8272	0,8252	0,8404	0,8489	0,8450	0,8499
n_{α}^{18}..............	1,4599	1,4621	1,4611	1,4638	1,4722	1,4685	1,4712
n_{D}^{18}..............	1,4612	1,4662	1,4631	1,4650	1,4743	1,4704	1,4737
n_{β}^{18}..............	1,4717	1,4749	1,4721	1,4745	1,4848	1,4792	1,4829
n_{γ}^{18}..............	1,4794	1,4840	1,4811	1,4831	1,4928	1,4890	1,4925
$\Delta=\frac{n_{\gamma}-n_{D}}{d}\cdot 10^{4}$...	219	216	222	214	220	220	220
η..............	680	688	–	791	1090	–	1120
γ..............	28,5	29,7	28,5	30,5	30,5	30,4	31

Les points d'ébullition croissent régulièrement, les réfractions moléculaires trouvées et calculées sont voisines. La dispersion spécifique de réfraction ($d\Delta=\pm 3$) [3] demeure constante dans la série des cyclohexadiènes substitués, mais sa valeur diffère légèrement de celle du cyclohexadiène. La tension superficielle ne varie pas sensiblement; les parachors expérimentaux et théoriques sont voisins; enfin la viscosité augmente avec le nombre d'atomes de carbone de la substitution.

---

(2) K. W. F. Kohlrausch et R. Seka, *Ber. d. chem. Ges.*, **68**, 1935, p. 528.

(3) E. Darmois, *Ann. chim. phys.*, **22**, 1911, p. 247.

MINÉRALOGIE. — *Sur le gîte aurifère de Glorianes (Pyr.-Orient.) et sur la coexistence du tungstène et de l'or.* Note de M. **Henri Vincienne**.

J'avais signalé en 1938 [1] l'existence du wolfram dans un des filons aurifères du district de Salsigne, le filon Ramèle, et avais souligné que, *mieux que le bismuth et le mispickel*, le wolfram montre la parenté, avec les filons stannifères, de ces filons, que M. Legraye [2] classait déjà « entre la fin de la phase pegmatitique-pneumatolytique et le début de la phase hydrothermale » de Niggli. J'avais insisté également sur la coexistence du tungstène et de l'or, déjà reconnue au Brésil dans l'État de Minas-Geraes (Morro-Velho, Cavallo Branco).

De récentes études sur la métallogénie du gîte aurifère de Glorianes m'ont fourni un nouvel exemple de la liaison du tungstène et de l'or. Ce gîte, à 12^{km} au NE du Canigou, est compris dans les terrains schisteux du Silurien inférieur, fortement plissés et coupés de zones broyées et failleuses sans grande continuité [3]. La minéralisation, contenue dans le flanc nord d'un anticlinal complexe, orienté presque Est-Ouest, est répartie en de nombreux filons irréguliers, à peu près parallèles à la direction des schistes, mais non interstratifiés. Le principal faisceau filonien forme une bande continue sur près de 3^{km}5, atteignant localement 200^{m} de largeur, à cheval sur les crêtes, Nord-Sud, du Col de Saint-Estève et de Roquerouge, séparées par le ravin de Croze. Cette bande est reconnue jusqu'ici aux deux extrémités : à l'Ouest, dans le secteur nord de Glorianes, qui comprend trois filons principaux, plongeant 60 à 80° SSW et dénommés du Sud au Nord filon n° 1, n° 2, n° 3; à l'Est, dans le secteur de Serrabonne, qui contient deux filons principaux appelés filon Ouest et filon Est, plongeant de 40 à 50° respectivement vers le SSW et l'WSW. Chacun de ces filons s'intègre dans des ensembles, faits surtout de schistes broyés en relation avec des fractures et eux-mêmes plus ou moins minéralisés.

L'étude au microscope en lumière réfléchie d'échantillons des divers filons m'a montré, comme minéralisation hypogène, la succession suivante :

Mispickel,	Marcasite,
Wolfram,	Chalcopyrite, cuivre gris, bornite,
Or natif?	Blende (rare),
Sidérose,	Plomb antimonié du type de la boulangérite,
Quartz I,	Pyrrhotite,
Pyrite I et II,	Quartz II.

---

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1114.

(2) M. Legraye, *Étude de la minéralisation des filons aurifères de la mine de Salsigne* (Aude, France) (*Ann. Soc. Géol. Belgique*, **61**, 1938, pp. B. 117-146).

(3) Les observations sur la géologie du gisement sont empruntées aux rapports inédits de M. V. Lebedeff.

Bien que la position du quartz II et du plomb antimonié par rapport à la pyrrhotite ne soit pas très sûre, cette dernière semble avoir un caractère tardif dans la minéralisation et correspondre à une phase de réchauffement de celle-ci. Le plomb antimonié n'a été reconnu, en réalité, qu'au Nord du faisceau principal étudié, dans un affleurement filonien du ravin de Croze.

A cette minéralisation hypogène se superpose une minéralisation hypergène abondante (tous les échantillons étudiés appartiennent d'ailleurs à la zone des affleurements) de scorodite, limonite, or natif, covelline, soufre natif, bleiniérite (?), avec peut-être du quartz III.

L'état cataclastique du quartz, la fissuration intense du mispickel, l'effilochage de la pyrite dans l'échantillon du ravin de Croze montrent que le gisement a subi des dislocations au cours du dépôt.

Le wolfram a été découvert en petites plages dans les échantillons du filon 2. Une analyse de 1924, tombée dans l'oubli, l'avait déjà révélé dans un échantillon du filon 1. Enfin il est possible qu'il existe en fines inclusions dans le filon 3.

Quant à l'or, il apparaît, avec plus ou moins d'abondance et en très fins granules, dans plusieurs des échantillons des filons 1, 2 et 3 et du filon Est. Il est très souvent lié au mispickel et à la scorodite; il l'est aussi au wolfram, ainsi qu'au schiste chloriteux imprégné de mispickel du filon 3. On peut supposer, par suite de l'existence d'inclusions d'or en plein mispickel et en plein wolfram, que ces deux minéraux, surtout le premier, peuvent être les véhicules de la minéralisation aurifère et que celle-ci s'est mise en place avant le dépôt de la sidérose, de la pyrite, de la chalcopyrite et de la pyrrhotite, qui ne paraissent pas contenir d'or visible au microscope.

La présence du mispickel, du wolfram et de la pyrrhotite donne au gisement de Glorianes un caractère hypothermal très accusé. Grâce au wolfram, on peut rapporter sa formation au début de la phase hypothermale, aussitôt après la phase pneumatolytique, dont l'étude microscopique n'a pas montré les minéralisations propres. Par ce caractère hypothermal, par la présence du wolfram qui n'avait pas encore été signalé dans les Pyrénées, ce gîte constitue un type exceptionnel parmi tous les gisements de la chaîne; la coexistence du wolfram et de l'or le rapproche, au point de vue métallogénique, des types brésiliens et de celui de Salsigne.

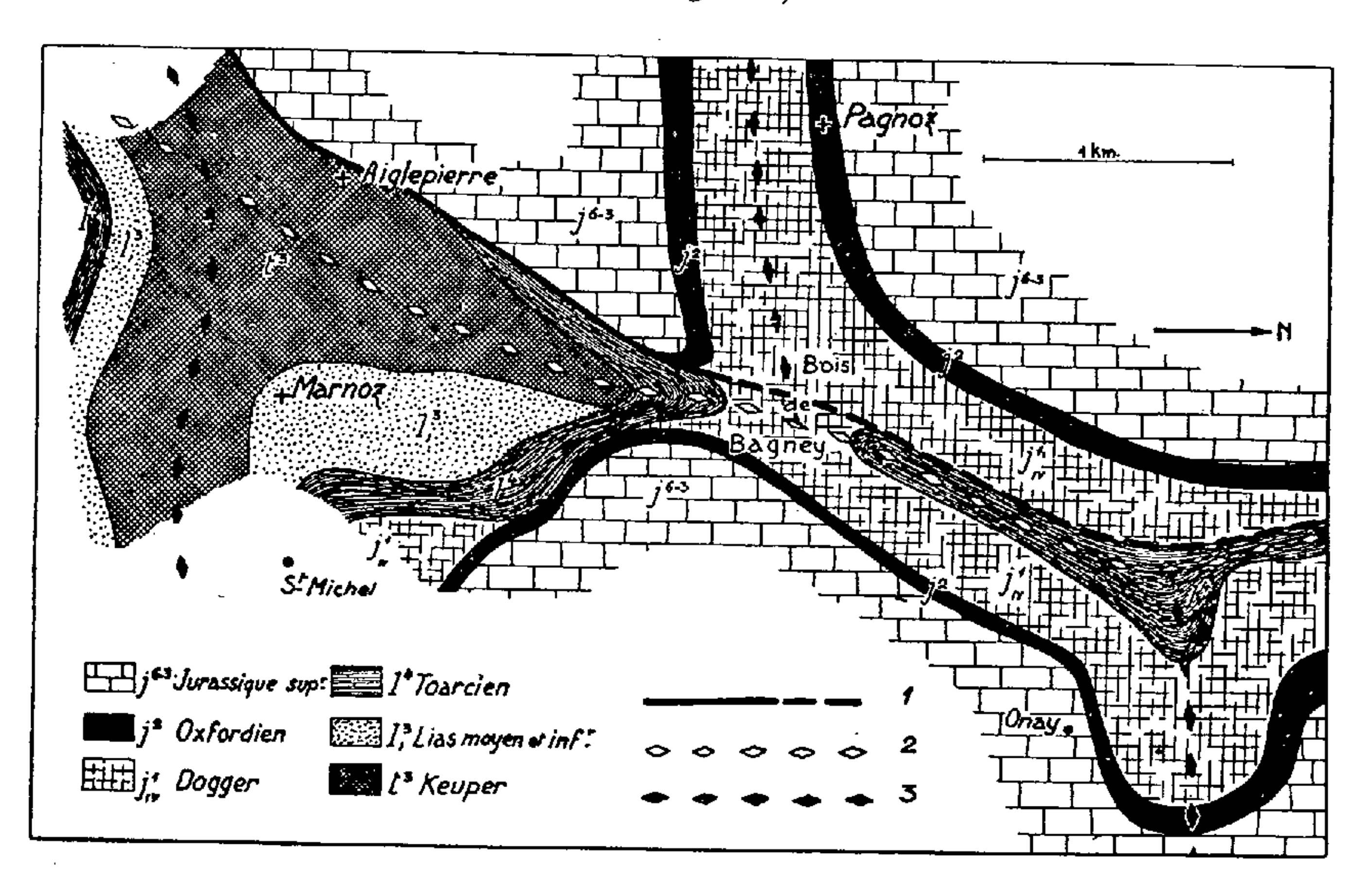
TECTONIQUE. — *Le diapir d'Aiglepierre, ventre d'interférence des plis bisontin et salinois.* Note (¹) de MM. **Louis Glangeaud** et **Antoine Bonte**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

La région très complexe située au nord-ouest de Salins (feuille au 1/80000 de Besançon) avait été considérée jusqu'à maintenant comme formée par une

(¹) Séance du 17 janvier 1944.

petite nappe triasico-liasique, chevauchant du Sud vers le Nord, une région autochtone. Cette nappe aurait été ensuite découpée par des failles postérieures à sa mise en place. Les travaux tectoniques et stratigraphiques des auteurs qui admettent ce point de vue, et notamment ceux de Marcel Bertrand (1881), de Fournier (1904), de Bourgeat (1910), de Piroutet (1920), ont été résumés dans l'ouvrage fondamental de M. de Margerie ([2]). Plus récemment ([3]) nous avons montré que les *brèches de Cinnamomum*, transgressives et discordantes sur le Secondaire, n'avaient pas subi de plissements importants, mais étaient seulement découpées par un réseau de failles, à l'intérieur d'une gouttière de torsion. A l'occasion de levers pour la nouvelle carte au 1/50000, la découverte de nouveaux gisements fossilifères, l'examen des pendages et des relations réciproques des plis nous ont amené à modifier aussi la tectonique des terrains secondaires.

Contrairement à l'interprétation admise par tous les auteurs antérieurs, l'anticlinal de Mesmay — grange de Vaivre, du faisceau bisontin (ligne 2 de la figure), se poursuit avec une direction NS, depuis Byans jusqu'à Marnoz (sur 19^{km}). Le dôme de Prétin marque peut-être sa terminaison vers le Sud? Il recoupe, au sud de Port-Lesney, trois et peut-être quatre plis du faisceau salinois de direction EW (lignes 3 de la figure). Ce sont les anticlinaux d'Onay,



de Pagnoz, le grand anticlinal de Salins-les-Arsures et peut-être le brachy-anticlinal de Prétin.

Les plis des faisceaux bisontins et salinois, qui, dans cette région sont sensiblement orthogonaux, ont ainsi interféré. A chacun de leurs points d'intersection le ventre d'interférence produit un dôme ou un brachy-anticlinal. Le

([2]) *Le Jura*, II, pp. 708-716, *Mém. Serv. Carte géol. de France*, 1936.

([3]) L. GLANGEAUD et J.-H. MATHIEU, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 417.

premier ventre, peu accentué, se reconnaît au nord-ouest d'Onay, le deuxième, forme un dôme surbaissé, à la lisière nord du bois de Bagney. La combe liasique y est entourée par une ceinture de calcaires bajociens, qui réalisent la jonction entre le pli EW de Pagnoz et le pli NS de Mesmay.

Au voisinage de l'anticlinal EW, à noyau triasique de Salins-les-Arsures, principal élément de l'arc salinois, le phénomène s'accentue et le ventre d'interférence fait monter, sous forme diapir, les argiles et gypses du Trias, entourés d'une auréole de marnes liasiques et oxfordiennes. Mais cette masse triasico-liasique n'est pas en recouvrement anormal, comme l'indiquaient les publications antérieures et les deux éditions de la Carte géologique. En effet le noyau triasico-liasique se ferme périclinalement au Nord, entre la voie ferrée de Salins et le bois de Bagney. On voit en ce point le Trias et le Lias s'enfoncer normalement sous le Jurassique moyen et supérieur.

Les marnes oxofordiennes, formant la combe au nord-est du bois de Bagney, se continuent au sud de ce bois, à la base des calcaires du Rauracien. Le crêt Jurassique supérieur, qui constitue le flanc oriental de l'anticlinal de Mesmay, se suit ainsi, sans discontinuité sur plus de 14^{km}, depuis Lombard au Nord, jusqu'à la ligne de chemin de fer de Salins au Sud. Le long de la voie ferrée, la plupart des étages calcaires (Sinémurien, Bajocien), situés entre le flanc de Jurassique supérieur et le noyau triasique diapir, sont restés en profondeur. La superposition est néanmoins normale, car le Trias s'enfonce sous les marnes liasiques où nous avons recueilli sur un petit espace des faunes toarcienne et aalénienne mélangées avec *Pleydellia aalensis* Ziet., *Cœloceras crassiusculosum* Simps., *Cœl. Braunianum* d'Orb., *Pseudolioceras Fabrei* Monestier. A 300^{m} seulement, au sud de la voie ferrée, la série du flanc oriental du diapir redevient presque complète avec du Rhétien à *Avicula contorta*, du Sinémurien, du Bajocien et du Bathonien.

Au sud d'Aiglepierre et de Marnoz, le noyau triasique de l'anticlinal de Mesmay-Aiglepierre se fusionne normalement avec le noyau triasique de l'anticlinal orthogonal de Salins-les-Arsures.

Les faits indiqués ci-dessus montrent donc que le diapir d'Aiglepierre est *seulement l'exaltation de l'anticlinal méridien de Mesmay, au voisinage de son interférence avec le pli principal de l'arc salinois de direction* EW.

Vers le Nord le noyau triasico-liasique du diapir d'Aiglepierre et le pli de Mesmay sont déversés sur les calcaires du Jurassique supérieur, formant la colline d'Aiglepierre. On observe, le long de la voie ferrée de Salins, des témoins du flanc occidental étiré; des schistes à Posidonomyes du Lias supérieur jalonnent cet accident (ligne 1 de la figure). Les phénomènes d'interférence que nous venons de décrire dans la région d'Aiglepierre permettent d'expliquer aussi les complications des plis situés à l'est et à l'ouest de cet accident.

MYCOLOGIE. — *Étude d'une Mucédinée nouvelle isolée du tube digestif du Bousier,* Cæmansia violacea *n. sp.* Note de MM. **Auguste** et **René Sartory.**

L'espèce que nous décrivons ici a été isolée du tube digestif d'un Bousier, insecte coléoptère lamellicorne qui vit dans les bouses ou autres matières fécales. Elle était constamment accompagnée d'une *Mucorinée* que nous avons pu identifier à *Rhizopus reflexus* Bainier.

La culture de notre *Mucédinée* est facile, l'espèce pousse à peu près sur tous les milieux usuels employés en mycologie parasitaire, mais elle semble avoir une prédilection pour certains milieux naturels sucrés tels que bois de Réglisse (milieu Bainier), décoction de pruneaux ou pour certains milieux artificiels tels que décoction de pruneaux gélosés ou de fruits sucrés. Ce qui frappe dans les cultures, c'est l'intensité de la couleur violette produite sur ces différents substrats. Cette teinte violette est beaucoup plus pâle sur Pomme de terre, Carotte, liquide de Raulin gélosé, gélatiné. Le milieu de culture (bois de Réglisse, Pomme de terre) s'imprègne du pigment violet dont nous verrons dans un instant les principaux caractères.

Les cultures sur bois de Réglisse, préparé selon la méthode de Bainier, nous donnent à l'examen microscopique les caractères botaniques suivants : mycélium filamenteux d'abord blanc (7 à 9^{μ} de largeur), étalé, duveteux, cloisonné, prenant dès le 3e jour une coloration violacée débutant par le centre et s'étendant bien vite jusqu'aux bords; en moins de 8 jours le milieu se couvre d'un mycélium violet, puis violet très foncé; les appareils reproducteurs se montrent dès le 4e jour; ils sont formés par un pied fructifère cloisonné, du sommet duquel partent très régulièrement quatre branches fructifères qui se dichotomisent et portent latéralement des appareils sporifères en forme de nacelle renversée ou, quand ils se détachent, à un cloporte marchant. Ces appareils sont cloisonnés; ils se développent de bas en haut sur un même filament; ceux du bas sont les plus vieux et les plus avancés dans leur évolution. Les dimensions sont les suivantes : nacelles renversées, 40 à 45^{μ} de long sur 8 à 10^{μ} de large. Branches fructifères variables, mais en moyenne de 100 à 120^{μ} de long; elles s'amincissent à la partie supérieure (largeur, 4 à 5^{μ} dans le bas, 2 à 3^{μ} dans le haut). Porte-conidies 3^{μ} à $3^{\mu},5$ sur 2 à $2^{\mu},5$. Les spores (7 à 9^{μ} sur $2^{\mu},5$) sont au nombre de 5 ou 6, parfois 8 ou 9 et pendent à la face inférieure des appendices. Fusiformes, elles s'insèrent sur de petites tubérosités saillantes. Elles germent en émettant toujours de chaque côté un filament mycélien. En naissant elles forment des petites dents sur les bords du sporophore. Nous n'avons jamais trouvé qu'une seule sorte de spore.

Les caractères botaniques, et en particulier la constitution des appareils

(1) A. Sartory, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 723.

reproducteurs, nous permettent de placer cette *Mucédinée* dans le genre *Cæmansia* Van Tieghem et Le Monnier. Le genre *Martensella* de Cæmans ressemble beaucoup au genre *Cæmensia*, mais il possède une deuxième espèce de spores ovoïdes, beaucoup plus petites (2 à 3$^{\mu}$ de long). Il semble bien que notre espèce est parasite de certaines *Mucorinées*, mais elle doit être plutôt considérée comme parasite commensal que comme parasite destructeur.

La concentration optimum en ions H des milieux de culture pour le Champignon considéré est comprise entre pH 6,7 et pH 7.

Le Champignon liquéfie la gélatine au bout de 5 jours à $+22°$. L'optimum cultural est compris entre $+22°$ et $+24°$; il ne végète plus à $+34°$, meurt vers $+37°$-$38°$; l'albumine coagulée n'est pas liquéfiée; de même pour le sérum coagulé; le lait constitue un excellent milieu et là encore le pigment apparaît d'un beau violet foncé; vers le 7e-8e jour se produit la coagulation, puis la peptonification de la caséine. L'espèce sécrète donc une gélatinase, une présure et une caséase.

Aucune action sur les nitrates, pas de production d'indol en eau peptonée, le rouge neutre n'est pas réduit; l'espèce ne forme pas d'hydrogène sulfuré. Sur gelée d'amidon la croissance est assez rapide; au bout de 8 jours il y a liquéfaction de l'empois d'amidon (coloration violet intense). Le Champignon sécrète une amylase. Les meilleurs aliments sucrés sont le saccharose et le glucose. Maltose, lactose, galactose et lévulose sont de médiocres aliments. Ces derniers sucres ne sont pas dédoublés, pas plus d'ailleurs que le saccharose. La mannite constitue un excellent milieu.

Le pigment violet a pu être obtenu à l'état cristallisé par extraction à l'éther sulfurique, purification dans l'éther de pétrole, le chloroforme et l'eau distillée; il présente les mêmes caractères physiques et chimiques que le pigment isolé de l'*Actinomyce violaceus* (1), soit aiguilles longues groupées en oursins et en faisceaux, obtention d'un leucodérivé rose par réduction à l'aide de sulfhydrate d'ammoniaque, réoxydable par l'eau oxygénée.

Étant donnés les caractères botaniques de notre espèce et son aptitude à former un pigment violet intense sur divers milieux de culture usuels, nous proposons pour elle le nom de *Cæmansia violacea* n. sp.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Résistance à l'hiver du Blé Aurore.*

Note de M. **Jacques Pottier**, présentée par M. René Souèges.

L'opinion généralement admise est que le Blé Aurore (hybride de deux variétés de *Triticum vulgare* Host., obtenu par Farrer en Australie et sélectionné par Vilmorin) ne résiste pas au froid de l'hiver et que le printemps est l'époque la plus favorable pour ses semailles. Dans le but de m'assurer de cette

résistance, au lieu de faire des essais en glacière, j'ai préféré la culture *sous le soleil*. Le 3 novembre 1941, après avoir bêché une portion de terrain, située à peu près à 6^{m} au sud-est d'un réservoir, à Massy-Palaiseau, lieu exposé à tous les vents, j'ai planté 200 pieds de Blé Aurore. La température extérieure était celle de la glace fondante. Les graines dont ces pieds étaient issus avaient été mises à gonfler dans l'eau, le 25 octobre 1941, puis cultivées, à mon domicile, dans du papier filtre humide, renfermé dans des boîtes d'aluminium. Ces germinations présentaient donc un *manque d'endurcissement* (2). Or, le lendemain, 4 novembre 1941, il s'est formé un verglas très épais et l'hiver qui a suivi a été considéré comme le plus froid en Europe depuis 140 ans. Malgré cela, il ne manqua à la récolte que 13 pieds sur 100, parmi ceux issus de plantes traitées jadis en germination, en 1937, à Besançon, par 20 chocs de froid, d'une durée d'à peu près une heure chacun, à une température variant entre — 0°,5 et — 13°,5. Le lot de 100 pieds témoins n'avait perdu que 12 pieds. Par conséquent, le Blé Aurore peut être semé en octobre, sans précautions spéciales ni manipulations préalables, et donner par suite, comme tous les Blés d'automne, un plus fort rendement.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Respiration des tubercules de Carotte et de Topinambour. Ses variations sous l'influence du traumatisme.* Note (1) de M. **Maurice Lachaux**, présentée par M. René Souèges.

Les diverses portions d'un végétal n'ont pas toutes la même intensité respiratoire. On sait qu'il y a diminution progressive quand on passe de la fleur à la feuille, puis à la tige et enfin à la racine.

La respiration des tubercules est assez réduite. Par exemple on a montré (1) que, chez la Carotte, l'intensité respiratoire s'élève, pour les tubercules, les feuilles âgées et les feuilles jeunes, à des valeurs respectives qui sont entre elles comme les nombres 1, 5, et 12. Mais, lorsqu'on coupe un tubercule, l'intensité respiratoire des fragments obtenus est considérablement plus élevée que celle de l'organe entier.

Comme point de départ des travaux qui seront publiés ultérieurement, nous nous proposons, dans la présente Note, d'étudier la respiration des tissus de tubercules de Carotte et de Topinambour. La méthode utilisée est la suivante : on choisit des tubercules sains; après lavage rapide à l'eau courante et séchage au papier filtre ils sont pesés, puis introduits dans des ampoules à large rodage, munies d'un robinet, remplies d'air atmosphérique.

---

(2) Em. Larose, *Congrès de Liége de l'Assoc. fr. p. l'avancement des Sc.*, 1939, pp. 994 à 999.

(1) Séance du 7 août 1944.

(1) P. B. Marsh et D. R. Goddard, *Am. Journ. Bot.*, 26, 1939, pp. 724-726.

Pour étudier l'influence du traumatisme, les tubercules sont décortiqués largement, puis découpés en fragments plus ou moins volumineux, qu'on introduit dans des ampoules à robinet, identiques, maintenues un temps donné à la température de 20° C. Puis on extrait, en s'aidant du vide, les gaz qu'elles contiennent et l'on procède à leur analyse au moyen de l'eudiomètre de Plantefol.

Pour suivre dans le temps la respiration des tissus, nous avons conservé aseptiquement des prismes de tubercules selon la méthode décrite par R.-J. Gautheret ([2]). Le milieu de culture utilisé était le milieu d'entretien gélosé I dépourvu de sucre et d'hétéro-auxine. A intervalles donnés, on mesure l'intensité respiratoire d'un certain nombre de ces prismes.

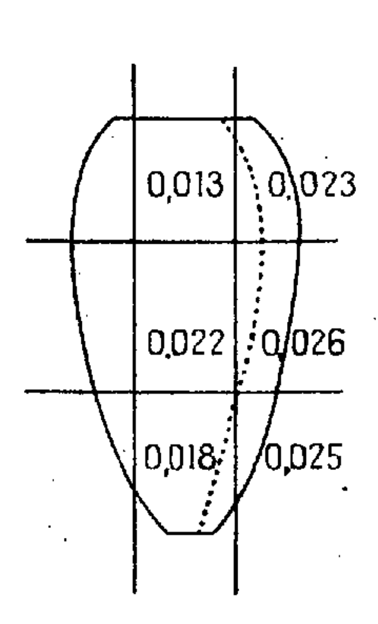
Les intensités respiratoires, exprimées en centimètres cubes d'oxygène absorbé par gramme de végétal frais et par heure (O^2 g. f. h.), sont les suivantes :

a. Pour les tubercules entiers, l'intensité respiratoire du tubercule de Carotte varie avec l'époque de la récolte : 0,054 en juillet et 0,019 en novembre (moyenne de quatre expériences).

Pour le Topinambour, on a, en novembre, la valeur moyenne de 0,026.

b. Pour les tubercules décortiqués ou découpés en fragments, l'intensité respiratoire s'accroît considérablement lors du traumatisme. Chez la Carotte, dans les instants qui suivent la décortication, elle augmente de 42 %. Pour le tubercule de Topinambour, cette augmentation est encore plus élevée (54 %).

Lorsqu'on coupe deux tubercules de Topinambour de poids identique, l'un



Intensités respiratoires (moyennes de 26 expériences exprimées en cm³ de O_2 g. f. h.) des diverses régions du tubercule de Carotte. (La zone cambiale est figurée en pointillé.)

en quatre fragments volumineux, l'autre en un grand nombre de cossettes de 1mm d'épaisseur, l'intensité respiratoire est, au bout de 20 heures, environ deux fois plus élevée dans le dernier cas.

([2]) *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, 1 vol., 172 p., Paris, 1942, p. 52.

La valeur absolue des résultats est d'ailleurs assez variable d'un tubercule à l'autre. Nos expériences sur le tubercule de la Carotte, résumées dans le schéma ci-dessus, conduisent à la conclusion que le parenchyme libérien respire plus activement que le parenchyme vasculaire;

pour le tubercule de Topinambour décortiqué, constitué presque uniquement par du parenchyme vasculaire, la partie centrale respire plus activement (O^2 g.f.h. = $0^{cm^3},066$) que la partie périphérique ($0^{cm^3},057$).

Grâce aux cultures de tissu, nous avons pu suivre de facon prolongée dans le temps l'intensité respiratoire des tissus de tubercules isolés. Nous avons observé que, pour la Carotte et le Topinambour, les combustions augmentent pendant 1 à 3 jours après le traumatisme. Elles diminuent ensuite peu à peu en restant toutefois à un niveau plus élevé que pour le tubercule intact.

En résumé, nous avons montré que le tubercule de Carotte respire plus intensément en été qu'en hiver et que l'intensité respiratoire est plus élevée dans le parenchyme libérien que dans le parenchyme vasculaire. Lorsqu'on coupe le tubercule, l'intensité respiratoire des fragments obtenus s'élève pendant quelques heures, puis diminue peu à peu tout en restant supérieure à celle des tubercules intacts, même après trois semaines de culture.

Pour le tubercule de Topinambour, l'intensité respiratoire est plus élevée dans les tissus les plus internes. Il manifeste comme la Carotte une augmentation respiratoire lorsqu'on le fragmente et cette augmentation est d'autant plus accusée que les morceaux sont plus petits. Après un maximum, atteint vers le troisième jour qui suit le traumatisme, la respiration diminue lentement et demeure, ici encore, plus élevée que la respiration du tubercule intact, après quatre semaines de culture.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la cuticule des Eugléniens et son appareil argyrophile.* Note de M. **Marius Chadefaud** et Mlle **Jacqueline Arlet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons étudié la cuticule des Eugléniens, et son appareil argyrophile, ou argyrome, chez les espèces suivantes : deux variétés d'*Euglena viridis* Ehr., *E. stellata* Mainx, *E. rubida* Mainx; une variété d'*E. mutabilis* Schmitz, *E. deses* Ehr.; une variété d'*E. gracilis* Klebs, *Phacus pyrum* (Ehr); un *Colacium* et *Peranema trichophorum* (Ehr). La technique mise en œuvre pour les imprégnations a été celle de Chatton et Lwoff (1930), déjà appliquée aux Eugléniens par Jirovec (1934) [1]. Nos résultats, sensiblement différents de ceux de ce dernier auteur, se résument ainsi :

1° Chez toutes les espèces étudiées, la cuticule est nettement striée. Les stries

(1) *Arch. f. Protistenkunde*, **81**, 1934, pp. 195-200.

sont des fissures, ou du moins des séries de ponctuations linéaires, plus ou moins complètement réunies entre elles.

2° Les stries cuticulaires n'ont par elles-mêmes aucune argentaffinité, ou tout au plus une argentaffinité très faible. Mais elles contiennent des corps argyrophiles, ou argyrosomes, qui ont au contraire une argentaffinité élevée. C'est uniquement lorsque ces corps sont détruits par une mauvaise technique que leur argentaffinité se communique aux stries elles-mêmes, dans lesquelles leur substance se répand.

3° Les argyrosomes ont la forme de fuseaux, de bâtonnets ou de perles. Ils sont d'inégale grosseur. Dans certains cas ils sont très espacés. D'autres fois ils sont au contraire tellement rapprochés qu'ils constituent des chapelets, ou même qu'ils se fusionnent entre eux pour former des cordons continus, plus ou moins longs. Cela dépend des espèces et même, pour chaque individu, des stries considérées, certaines pouvant être très chargées d'argyrosomes, tandis que les autres en sont pratiquement dépourvues.

4° Les argyrosomes existent même chez les espèces dépourvues de corps mucifères, et ne peuvent donc être assimilés à ces derniers. Toutefois il y a entre corps mucifères et argyrosomes une relation évidente, comme si les premiers dépendaient des seconds. Ainsi, chez *E. stellata*, on ne trouve d'argyrosomes dans les stries cuticulaires qu'au niveau de petites plages, plus ou moins complètement séparées, dont le nombre et la disposition coïncident exactement avec ceux des fuseaux mucifères. De même, chez *E. rubida* et l'une des variétés étudiées d'*E. viridis*, une strie sur quatre seulement est fortement chargée d'argyrosomes, et c'est aussi à cette strie que sont rattachés la plupart, ou la totalité, des corps mucifères.

5° En général, dans nos préparations, chaque individu est entouré d'une gaine mucilagineuse, à contours très nets, excrétée sous l'action des réactifs. Comme cette gaine existe même chez les espèces dépourvues de corps mucifères (*E. deses*), et qu'elle est parfois peu développée chez d'autres, où les corps mucifères sont au contraire nombreux (*E. rubida*) on voit que sa production, à l'encontre de ce qui est souvent admis, n'est pas liée à la présence de ces corps, dont le nom est donc critiquable. Par contre, il paraît certain que le mucilage est excrété par les stries cuticulaires. Chez *E. gracilis*, et bien plus nettement encore chez *E. deses*, il est en effet traversé de fibrilles ou de lamelles qui partent de ces stries. Sur ces fibrilles se voient parfois des argyrosomes, entraînés passivement lors de leur émission, mais elles n'ont par elles-mêmes, pas plus d'ailleurs que le reste du mucilage, aucune argentaffinifé, de sorte que le rôle exact des argyrosomes pour la production de la gaine mucilagineuse demeure difficile à préciser.

6° A l'avant du corps, les stries cuticulaires se jettent dans l'entonnoir buccal, auquel fait suite la fosse vestibulaire. La paroi de cet entonnoir est,

elle aussi, pourvue d'un argyrome, dont le développement est d'ailleurs très variable selon les espèces, et même selon les individus.

Ainsi, chez *E. gracilis*, nous trouvons seulement un cercle d'argyrosomes granuleux autour de l'orifice buccal.

Chez *E. deses*, la paroi de l'entonnoir est garnie d'argyrosomes fusiformes, disposés en séries légèrement hélicoïdales, qui correspondent sans doute à des stries, et tout à fait semblables à ceux de la cuticule proprement dite.

Chez *E. viridis*, *E. stellata*, *E. rubida*, *Phacus pyrum* et *Colacium*, les argyrosomes de l'entonnoir buccal sont plus ou moins complètement fusionnés entre eux, de façon à constituer un entonnoir argyrophile.

Enfin, chez *Phacus pyrum*, la lèvre dorsale de cet entonnoir est garnie d'une masse argyrophile en forme de croissant, à laquelle aboutissent la plupart des stries, et qui se ramifie dans celles-ci.

A ces données sur les Eugléniens, nous ajouterons qu'un argyrome assez semblable s'observe chez les Desmidiées (*Micrasterias* et *Cosmarium*), où chaque pore mucifère de la paroi cellulaire est garni intérieurement d'un argyrosome typique.

MICROBIOLOGIE. — *Étude du mécanisme de l'agglutination microbienne.* Note de M. **Max Viscontini**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J. Bordet [1] a émis l'hypothèse que l'agglutination spécifique d'un microbe, en présence du sérum d'un animal immunisé contre ce même microbe, était un phénomène qui trouvait sa place et son explication dans le cadre des lois de la chimie colloïdale. On a admis, après lui, que l'agglutination était due tout simplement à la diminution de la charge électrique de la surface microbienne sous l'effet des électrolytes. D'ailleurs les travaux de J. H. Northrop et de P. K. de Kruif [2] semblaient confirmer cette théorie. Ces auteurs avaient mesuré la charge électrique des bactéries à l'aide de l'électrophorèse et avaient conclu que l'agglutination spécifique se produisait effectivement par perte de charge électrique sous l'influence des électrolytes ; elle ne se produirait pas dans les mêmes conditions en présence de sérum ordinaire parce que les forces de cohésion seraient diminuées.

Les résultats obtenus par Northrop et de Kruif sont sujets à critique, car ces auteurs ont utilisé la méthode d'électrophorèse basée sur les calculs de Smoluchowski et d'Ellis, méthode inexacte comme j'ai pu le démontrer.

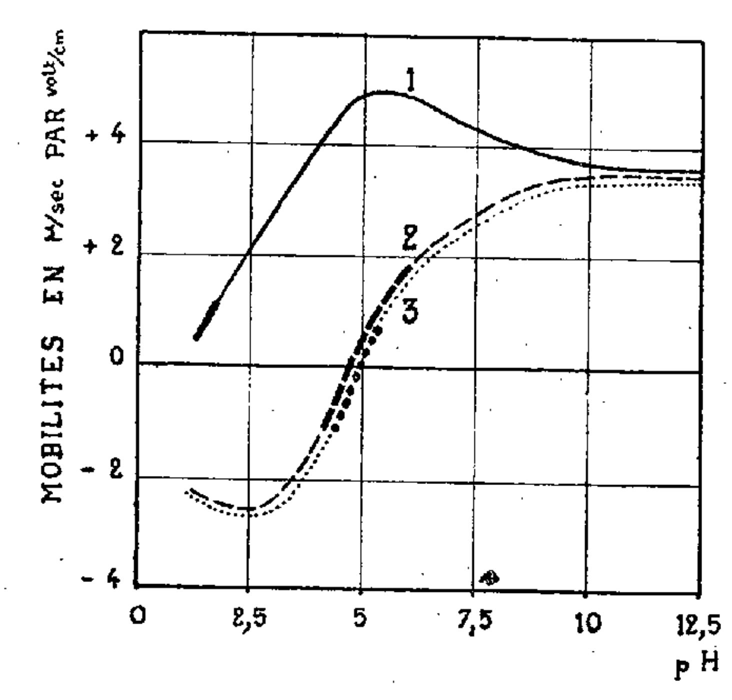
J'ai donc repris l'étude de l'agglutination microbienne en effectuant l'électro-

---

(1) *Traité de l'immunité dans les maladies infectieuses, Paris*, 1939, p. 335.
(2) *J. of Gen. Physiol*, 4, 1921-22, pp. 639 et 655.

phorèse dans les tubes capillaires que j'ai décrits dans des Notes précédentes ([3]). Les expériences ont porté sur des suspensions de *Salmonella typhimurium* et de *Salmonella paratyphi* A dans des solutions de chlorure de sodium à diverses concentrations et dans des solutions tampon d'acétate de sodium. Chaque série d'expériences comportait une suspension microbienne pure, une suspension microbienne en présence de sérum d'animal immunisé contre le microbe, à une concentration bien déterminée, et enfin une suspension microbienne en présence de sérum d'animal de même espèce non immunisé, à la même concentration.

Les résultats donnés par ces expériences et reproduits dans les courbes ci-dessous permettent de confirmer les lois relatives à l'adsorption des protéines



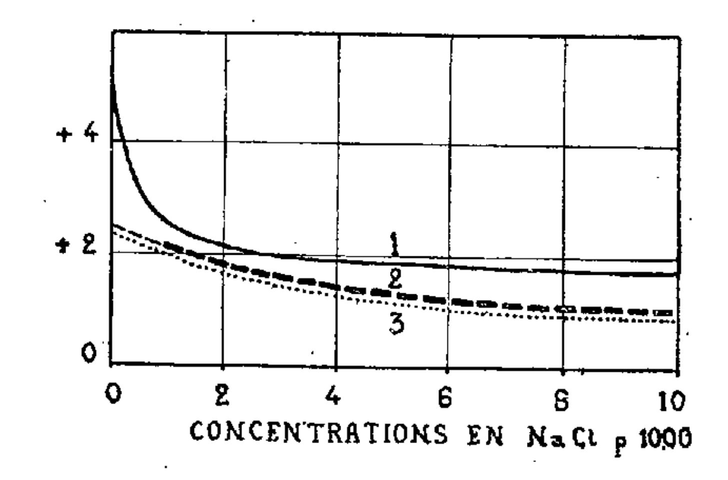
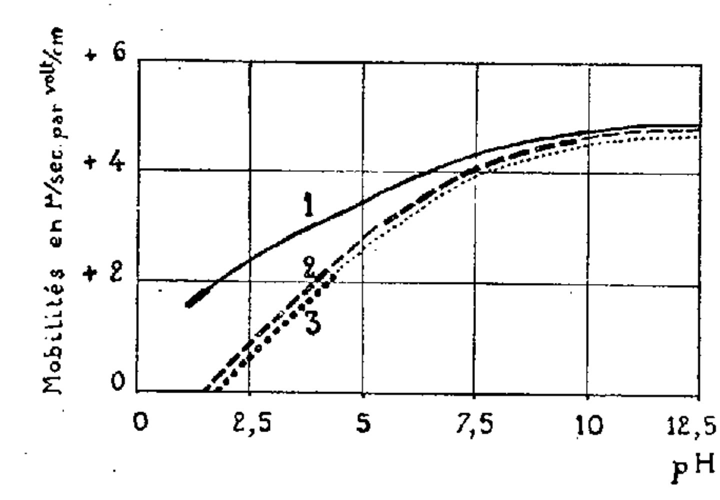


Fig. 1. — Expériences sur *S. typhymurium*.

Courbes 1, suspension microbienne pure; courbes 2, suspension + sérum d'animal immunisé; courbes 3, suspension + sérum d'animal de même espèce non immunisé. Les traits forts représentent les domaines d'agglutination.



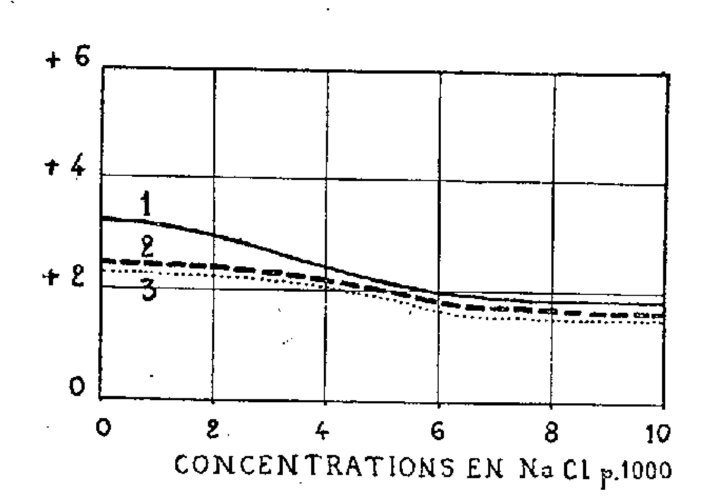


Fig. 2. — Expériences identiques sur *S. paratyphymurium* A.

déjà énoncées par Northrop et de Kruif. Mais ils permettent de montrer aussi que, contrairement à ce que concluaient ces auteurs :

1° les émulsions microbiennes suivent les lois colloïdales générales des particules en suspension, aussi bien en ce qui concerne l'adsorption des électrolytes qu'en ce qui concerne la floculation consécutive à une diminution de leur

([3]) *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 92 et 161.

charge électrique, et ceci sans intervention de variations dans les *forces de cohésion*;

2° l'agglutination en présence du sérum d'un animal immunisé est un phénomène absolument indépendant de ces lois physicochimiques. Elle peut se produire alors que les charges électriques portées par les microbes sont telles que des émulsions microbiennes normales devraient se conserver dans un état de stabilité parfaite.

Ces courbes montrent en effet que le domaine de l'agglutination physicochimique chevauche le domaine de l'agglutination spécifique dans le cas de *S. typhi murium*, et qu'il est malaisé de les différencier, mais que par contre ces deux domaines sont nettement distincts dans le cas de *Salmonella paratyphi* A, ce qui a permis d'en faire une étude détaillée.

La séance est levée à 17h.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AOUT 1944 ([1]).

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Au nom des Bureaux des cinq Académies, M. le **Président** propose d'adresser au Gouvernement provisoire de la République le message suivant, dont il donne lecture :

« Les cinq Académies de l'Institut de France adressent au Gouvernement provisoire de la République française l'expression de l'allégresse unanime qu'elles ressentent devant la libération de la Capitale et d'une grande partie du territoire national.

« Elles lui apportent le témoignage de leur admiration et de leur reconnaissance pour le magnifique élan de la population de Paris et des Provinces.

« Grâce au courage et au sacrifice des Troupes alliées, des Forces françaises de l'intérieur et de tous les Citoyens qui ont été à leurs côtés, le génie de la France peut de nouveau se manifester et s'épanouir dans l'indépendance et la liberté. »

L'Académie, par ses applaudissements unanimes, adopte cette proposition.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation analytique des opérateurs bornés ou fermés de l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia**.

On se propose, dans la présente Note, de tirer quelques conséquences des principes exposés dans deux Notes précédentes ([2]). Soit h un espace hilbertien; on peut toujours l'immerger ([3]) dans un espace hilbertien $\mathcal{H}$ constitué par les couples $\{x, x'\} = \mathfrak{X}$ formés de deux éléments arbitraires x et x' de h;

([1]) En raison de l'interruption de service du Chemin de fer métropolitain, la séance de l'Académie est ouverte à 16 heures 30 au lieu de 15 heures.

([2]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 889; **219**, 1944, p. 8.

([3]) Voir von Neumann, *Annals of mathematics*, 33, p. 300; F. Riesz et Lorch, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 39, 1936, p. 331.

$\mathcal{H}$ est alors le produit topologique $h \times h$. La métrique de $\mathcal{H}$ est définie par

$$\mathfrak{X}_1 + \mathfrak{X}_2 = \{x_1 + x_2, x'_1 + x'_2\}$$

et par le produit scalaire $(\mathfrak{X}_1, \mathfrak{X}_2) = (x_1, x_2) + (x'_1, x'_2)$. h est le lieu des points $\{x, o\}$ de $\mathcal{H}$; nous désignons par h' le lieu des points $\{o, x'\}$ de $\mathcal{H}$; h et h' sont deux variétés orthogonales complémentaires de $\mathcal{H}$; $\mathcal{H} = h \oplus h'$.

1. A tout opérateur borné A de l'espace h, dont (e_k) est une base orthonormale complète (ONC), correspond biunivoquement, lorsque $M_A \leq 1$, une suite de vecteurs $A_k = Ae_k$, qui est la projection sur h d'un système orthonormal (E_k) de $\mathcal{H}$: $A_k = \mathfrak{P}_h E_k$. Tout $x = \Sigma x_k e_k$ de h est transformé en $Ax = \Sigma x_k A_k$, série fortement convergente dans tout h. Il est toujours possible (d'une infinité de façons) de transformer les (e_k) de h dans les (E_k) de $\mathcal{H}$ par un opérateur borné $\mathfrak{U}$ de $\mathcal{H}$, isométrique dans h, $E_k = \mathfrak{U} e_k$. Alors $A_k = \mathfrak{P}_h E_k = \mathfrak{P}_h \mathfrak{U} e_k$ et $Ax = \Sigma x_k \mathfrak{P}_h \mathfrak{U} e_k = \mathfrak{P}_h \mathfrak{U} x$, ou $A = \mathfrak{P}_h \mathfrak{U}$, qui exprime tout opérateur borné de h, dont $M_A \leq 1$, par un *produit de deux opérateurs élémentaires de* $\mathcal{H}$. Cette représentation s'étend à tout opérateur borné de h, par $A = M_A \mathfrak{P}_h \mathfrak{U}$, car $A : M_A$ a une borne $= 1$. La classification de A, suivant Tœplitz, correspond aux diverses positions relatives des variétés h et $[E_1, E_2, \ldots E_k, \ldots]$ de l'espace $\mathcal{H}$.

2. Si, au lieu de représenter par des points de h les valeurs Ax de l'opérateur A défini dans h, on les représente par des points de $h' = \mathcal{H} \ominus h$, et si l'on considère le lieu des points $Z = \{x, Ax\}$ de $\mathcal{H}$, lorsque x décrit dans h le domaine d'existence D_A de A, ce lieu est une variété linéaire V_A, dite *image de* A (von Neumann). On précise en considérant deux bases ONC, (e_k) pour h, et (e'_k) pour h'; le point $\{o, Ax\}$ est le point de h' qui a, par rapport aux e'_k, les mêmes coordonnées que Ax par rapport aux e_k; $\{o, Ax\}$ est le transféré du point $\{Ax, o\}$ de h qui est la valeur de A en x. $\{o, Ax\} = \mathfrak{U}\{Ax, o\}$, où $\mathfrak{U}$ est un opérateur unitaire de $\mathcal{H}$ transformant h en h', de façon que $e'_k = \mathfrak{U} e_k$, $e_k = \mathfrak{U} e'_k$, $\mathfrak{U}^2 = 1$.

Lorsque A est *fermé* (en particulier *borné*), V_A est *fermée*; elle admet une base ONC $(\mathcal{E}_k)$; tout point Z de V_A est un point $\{x, Ax\}$ de $\mathcal{H}$ et réciproquement; $\{x, o\} = \mathfrak{P}_h Z$ et $\{o, Ax\} = \mathfrak{P}_{h'} Z$. Pour tout Z de V_A, $Z = \Sigma z_k \mathcal{E}_k$ avec $\Sigma |z_k|^2$ convergente, et réciproquement. Le point $\{x, o\} = \mathfrak{P}_h Z$ de h décrit le domaine d'existence de A lorsque Z décrit V_A; $\{o, Ax\} = \mathfrak{P}_{h'} Z$ décrit le domaine des valeurs de A transféré dans h'. En décomposant $\mathcal{E}_k = \varepsilon_k + \varepsilon'_k$, $\varepsilon_k = \mathfrak{P}_h \mathcal{E}_k$, $\varepsilon'_k = \mathfrak{P}_{h'} \mathcal{E}_k$, on aura $x = \Sigma z_k \varepsilon_k$ et $\{o, Ax\} = \Sigma z_k \varepsilon'_k$, séries fortement convergentes pour tout système de z_k tels que $\Sigma |z_k|^2$ converge. Reportant dans h la valeur de Ax, tout opérateur *fermé* $y = Ax$ *de* h *est donc susceptible de la représentation paramétrique* $x = \Sigma z_k \varepsilon_k$, $Ax = \Sigma z_k \varepsilon''_k$, les ε''_k provenant des ε'_k par $\varepsilon''_k = \mathfrak{U} \varepsilon'_k$. En considérant le point $z = \Sigma z_k e_k$ qui décrit h, on aura $x = Bz$, $Ax = Cz$, B et C étant des opérateurs bornés de h tels que M_B et $M_C \leq 1$. En effet $\|x\| = \|\Sigma z_k \varepsilon_k\| \leq \|Z\| = \|z\|$, $\|Ax\| = \|\Sigma z_k \varepsilon'_k\| \leq \|Z\|$ car $\|x\|$ et $\|Ax\|$ sont respectivement les modules de $\{x, o\} = \mathfrak{P}_h Z$ et de $\{o, Ax\} = \mathfrak{P}_{h'} Z$. La représen-

tation $x = Bz$, $Ax = Cz$ est *totale* et fournit tous les points x du domaine d'existence D_A de A. Ce domaine D_A est le lieu Δ_B (projection de V_A sur h) des valeurs de l'opérateur borné $x = Bz = \Sigma z_k \varepsilon_k$ qui peut être d'une quelconque des quatre classes de Tœplitz, suivant que Δ_B couvre ou ne couvre pas tout h. Comme je l'ai montré antérieurement ([4]), D_A est donc aussi le lieu des points où converge la série $\Sigma |(a_k, x)|^2$, les a_k étant une suite de vecteurs de h convenablement choisie.

3. J'ai donné antérieurement ([5]), pour tout A fermé, une autre représentation paramétrique bornée, à partir de la représentation spectrale de $\sqrt{A^*A}$, représentation valable dans le domaine D_{A^*A}, où existe A^*A. On peut y parvenir plus simplement, suivant une idée de von Neumann, F. Riesz, B. de Sz. Nagy, en projetant le point $\{z, 0\}$ de h en ζ sur V_A, puis en projetant ζ sur h, ce qui donne un point $\{x, 0\}$, et sur h_1, ce qui donne le point $\{0, Ax\}$. On a alors la représentation $x = B_1 z$ et $Ax = C_1 z$, B_1 et C_1 bornés tels que M_{B_1} et $M_{C_1} \leq 1$. Mais ici ζ ne décrit que *la projection de h sur* V_A (qui ne couvre pas toujours V_A), en sorte que x ne décrit pas toujours tout le domaine d'existence D_A, mais *seulement le domaine* D_{A^*A}, *où existe* A^*A.

ÉCOLOGIE BOTANIQUE. — *La mise à fleurs et la fructification des arbres dans la zone tempérée boréale.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

On sait combien est variable dans nos contrées, d'une année à l'autre, la production fruitière. De même sur nos avenues et dans les parcs, certains arbres, Ormes, Cedrelas, Paulownias, Tulipiers, Noyers d'Amérique etc. peuvent rester plusieurs années sans fleurir, puis il survient, irrégulièrement espacées, des années où la plupart des arbres d'une même espèce fleurissent et grainent. Il en est ainsi aussi dans nos forêts : Hêtres, Chênes, Châtaigniers, Pins ne donnent des fruits qu'une année sur trois ou quatre ou même moins fréquemment.

A quelles causes faut-il attribuer le déterminisme de la floraison puis de la fructification des arbres, car une abondante floraison n'entraîne pas toujours une grande production de graines fertiles ? Les recherches récentes de divers botanistes russes, américains, belges etc. ont montré, comme l'ont indiqué aussi Chouard ([1]) et Chadefaud (*Rev. scient.*, 1943, p. 301), que trois facteurs interviennent pour provoquer la floraison chez les plantes annuelles :

1° *Un facteur trophique* conditionné par un certain état nutritif à l'intérieur des cellules, régi par la chaleur et la lumière : d'après la théorie de Klebs la floraison est favorisée par une haute teneur des cellules en glucides et au

---

([4]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 465-469.
([5]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 709-710.

([1]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 591.

contraire une faible teneur en protides; la floraison se produit quand le rapport C/N dépasse une certaine valeur minimum;

2° *Un facteur hormonal :* la plante élabore dans ses feuilles sous l'action de la lumière une hormone végétale nommée *florigène* (Cajlachjan); de la feuille elle gagne le bourgeon axillaire dont elle tend à provoquer la floraison. Si cette floraison ne se produit pas, soit pour des raisons physiologiques, soit parce que l'on a enlevé des bourgeons, l'hormone gagne le sommet du rameau et ce sont les bourgeons de ce sommet qui fleurissent. Il y a des plantes à jours longs qui fleurissent en été et d'autres qui ne fleurissent qu'à la fin de l'été, au moment des jours courts;

3° Chouard estime qu'un troisième élément, *le facteur de déblocage de l'hormone* doit également intervenir; ce facteur ne jouerait qu'à l'obscurité et aussi avec une température assez élevée.

Les faits rapportés et les théories émises concernent exclusivement les plantes annuelles ou bisannuelles. Nous nous sommes demandé quelle pouvait être l'action des facteurs cités relativement à la floraison et à la fructification chez les espèces ligneuses et spécialement les arbres de grande longévité de la zone tempérée, comme les Pomacées, les Cupulifères, les Conifères, qui ne fleurissent qu'à certaines périodes de leur vie, et souvent avec des intervalles de plusieurs années entre deux floraisons successives et qui donnent de bonnes graines encore moins fréquemment. Le comportement de ces végétaux, dont certains, comme le Poirier commun, le Hêtre, les Pins et Sapins, peuvent vivre au delà de quatre ou cinq siècles, et même d'un, deux ou trois millénaires comme le *Quercus robur*, l'If, les *Sequoïa*, est en effet bien différent de celui des plantes herbacées.

Tout d'abord, avant d'entrer en floraison l'arbre passe par une longue période de jeunesse ou phase prénuptiale, qui peut durer de 30 à 60 ans et même au delà, chez diverses espèces connues des dendrologues. Lorsque l'arbre est arrivé à l'âge de *maturité sexuelle apparente*, la floraison ne s'opère ordinairement pas sur toutes les branches, mais sur certains rameaux spécialisés, généralement âgés de plusieurs années (les branches coursonnes), placés sur des branches charpentières les plus exposées à la lumière, soit au haut de l'arbre, soit sur les côtés. Il fleurit ensuite, à intervalles, pendant très longtemps, en une saison déterminée, puis, quand il est parvenu à l'état de sénilité, sa fécondité s'atténue et il finit par être stérile ou presque stérile à un âge avancé. Certains rameaux peuvent fleurir, mais généralement il n'en résulte pas de semences viables. De même pendant les premières années de floraison l'arbre ne produit pas toujours des graines fertiles : ce n'est qu'après quelques années qu'il en donne et atteint sa *maturité sexuelle vraie*. Celle-ci peut durer de nombreux siècles chez certaines espèces.

Les boutons à fleurs chez la plupart des arbres, pendant le long cycle où ils sont florifères, apparaissent l'année qui précède la floraison. Les branches

coursonnes ne seront aptes à fleurir que si, au cours de cette année de préparation, certaines conditions météorologiques sont remplies.

E. Hesselink et R. Hickel [2] estiment qu'il faut, pour provoquer la floraison, que le printemps, au moment de la poussée des feuilles dans l'année qui précède, soit humide et assez chaud. C'est, pensons-nous, dès ce moment et aux mois suivants que joue le facteur trophique et que le rameau qui doit devenir florifère s'enrichit en glucides. L'été qui suit doit être chaud et sec : c'est l'époque des jours longs pendant lesquels l'hormone florifère s'emmagasine dans certains bourgeons spéciaux, nommés *lambourdes* dans les Pomacées, qui deviennent des boutons à fleurs dont la première apparition a lieu de juin à septembre dans l'année qui précède la floraison. Quant au déblocage il n'a lieu qu'après les mois d'hiver : si celui-ci a été trop rigoureux il ne s'opère pas, et les boutons à fleurs avortent, même s'ils ne sont pas gelés.

Il faut donc des conditions météorologiques favorables s'exerçant pendant toute une année pour que la floraison, toujours printanière sous notre climat, puisse s'opérer chez les arbres.

C'est ce qui explique qu'ils ne fleurissent pas tous les ans. Enfin, si la floraison s'opère même par temps favorable à la fécondation, il n'en résulte pas nécessairement une année à fruits. Ceux-ci peuvent se développer (dans les Chênes, Hêtres, Châtaigniers sauvages), mais presque toutes les graines certaines années avortent, bien que les fleurs aient été fécondées. Il semble donc qu'une autre hormone (que nous nommons *hormone de fructification*) doive aussi intervenir au moment ou après la floraison, au cours de cette deuxième année. Cette hormone ne peut pas agir chez les arbres trop jeunes ou trop âgés, et c'est ce qui expliquerait leur stérilité, bien qu'ils soient capables de produire des fleurs.

L'horticulteur, par des fumures, la taille, des incisions, le greffage, le recépage etc., peut activer la formation de branches à fleurs et la production de fruits et régulariser en quelque sorte leur fécondité. L'alternat est enrayé par ces artifices.

Par contre un grand nombre d'arbres et d'arbustes exotiques de nos parcs ne fleurissent pas ou, tout en fleurissant parfois, demeurent toute leur vie incapables de produire des graines fertiles, bien qu'ils semblent acclimatés. Dans ce cas, l'arbre dépaysé ne rencontre pas sans doute les conditions écologiques nécessaires à la production des hormones soit de floraison, soit de fructification.

---

(2) *Bull. Soc. Dendrol. France*, 68, 1928, p. 95.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *La feuille de Tilleul dans l'alimentation humaine.* Note [1] de M. **Léon Binet.**

A la suite de l'intéressante Communication de M. A. Chevalier [2], nous voudrions rappeler les recherches que nous avons effectuées, en 1940, en partant des feuilles de Tilleul, rapidement desséchées, écrasées et tamisées. Nous avons ainsi obtenu une poudre verte [3] : 300^g de feuilles fournissant de 80 à 100^g de poudre et cette *farine* considérée du point de vue alimentaire est remarquable par sa teneur en azote, 27,87 ‰. Cette poudre est disloquée, solubilisée par les ferments digestifs : la pepsine, la trypsine l'attaquent sûrement, surtout après cuisson; 80 % de l'azote peuvent être solubilisés par la trypsine. Ajoutons que cette farine renferme de la chlorophylle (2^g,5 ‰), c'est-à-dire un corps qui, on le sait aujourd'hui, peut jouer utilement comme correcteur des états anémiques. Mélangée à de la farine d'Orge, notre farine verte est utilisée depuis trois ans dans l'alimentation humaine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés du trichloronitrométhane pratiquement utilisables.* Note [1] de M. **Gabriel Bertrand.**

En poursuivant mes recherches sur le trichloronitrométhane [2], plus connu sous le nom de *chloropicrine*, je lui ai reconnu de nouvelles propriétés qui permettront, avec celles déjà utilisées, de résoudre plusieurs problèmes d'intérêt pratique.

En solution dans l'eau pure ou à l'état de vapeur, le trichloronitrométhane se conserve longtemps à la température ordinaire et à l'obscurité, mais la chaleur et les radiations de courte longueur d'onde le décomposent rapidement. La décomposition a lieu selon divers processus; en solution aqueuse ou en atmosphère humide, elle semble se produire en plusieurs étapes, ainsi schématisées :

$$Cl^3NO^2C = Cl^2CO + ClNO, \quad (1)$$

$$Cl^2CO + H^2O = 2ClH + CO^2, \quad (2)$$

$$ClNO + H^2O = ClH + NO^2H, \quad (3)$$

soit, en définitive,

$$Cl^3NO^2C + 2H^2O = 3ClH + CO^2 + NO^2H.$$

---

(1) Séance du 7 août 1945.

(2) *Comptes rendus*, 219, 1945, p. 147.

(3) Léon Binet, *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, 41, n° 521, octobre 1941, p. 315; *Revue de phytothérapie*, 7, n° 46, novembre 1943, p. 131.

(1) Séance du 16 août 1945.

(2) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 742 et années suivantes.

Certaines substances présentes dans les milieux organiques : moûts sucrés, lait, terre arable, céréales etc., favorisent cette décomposition. La terre est particulièrement active. Ainsi 1^{kg} de terre de jardin séchée à l'air à la température du laboratoire, a fait disparaître $0^{g},5$ de trichloronitrométhane en six jours, à la température de 20 à 22°. Après addition de 20 % d'eau, la disparition s'est accomplie en deux jours. Par contre, la même terre préalablement incinérée au rouge sombre n'a plus eu d'action, elle s'est comportée comme du sable.

Je citerai deux types des nouvelles applications que l'on peut faire de ces propriétés.

A. *Destruction des mauvaises herbes et autres parasites du sol.* — Les mauvaises herbes sont un fléau pour l'agriculture; les courtilières, les limaces, les vers, sont aussi la cause de dégâts; les protozoaires, moins visibles et qui se nourrissent de bactéries, font souvent diminuer en proportions fâcheuses les bonnes espèces de celles-ci. Il est possible de détruire ces parasites et de conserver en partie les bactéries utiles en incorporant au sol certains toxiques minéraux ou organiques, comme on l'a déjà tenté; mais, pour que l'opération soit avantageuse, il faut que le sol ne reste pas longtemps empoisonné par le traitement.

Or c'est précisément un résultat auquel on peut atteindre avec le trichloronitrométhane. Lorsque j'ai suggéré, en 1919, l'emploi de ce produit pour ce que l'on appelait, avec un sens un peu restrictif, la *stérilisation partielle des sols* ([2]), je ne pensais encore mettre à profit que son action antibiotique et sa volatilité. C'est en approfondissant l'étude du problème que j'ai découvert le pouvoir catalytique inattendu de la terre arable, puis d'autres substances sur le trichloronitrométhane.

La destruction des plantes développées à la surface d'un sol et celle des animaux non microscopiques qui vivent dans sa profondeur peut être réalisée de la manière suivante. On prépare une émulsion mère en agitant 120^{cm^3} de trichloronitrométhane dans 380^{cm^3} d'une solution aqueuse contenant 40^{g} de savon noir par litre. Pour 10^{m^2} de surface à traiter, on emploie 25^{l} d'eau répartie en cinq arrosoirs à chacun desquels on ajoute, au moment de s'en servir, 75^{cm^3} de l'émulsion mère. Les animaux sont très rapidement atteints et, si l'arrosage a eu lieu le matin, l'on en constate déjà fortement les effets le soir sur les plantes vertes. Après 48 heures on peut enlever les restes de plantes, complètement flétries. Quelques jours plus tard on peut procéder à l'ensemencement du sol en toute sécurité.

Dans une série d'expériences entreprises de 1919 à 1926, j'ai obtenu sur un sol ainsi préparé des excédents de récolte remarquables, atteignant en 1921, avec le Maïs, jusqu'à 69 % par rapport au même sol traité seulement par la solution savonneuse. A noter cependant que ce résultat, logiquement attribuable à une stérilisation partielle du sol heureusement réussie, avait dû être

renforcé, dans une certaine mesure, par l'azote nitreux resté dans le sol après la décomposition du trichloronitrométhane. D'après le processus de décomposition présenté au commencement de cette Note, il peut se former 8,5 d'azote nitreux % de produit employé. En l'absence de perte de ce dernier par évaporation, il pourrait donc y avoir, dans une expérience comme celle décrite plus haut, de 12 à 13^{g} d'azote nitreux pour 10$^{m^2}$. Actuellement le trichloronitrométhane est trop cher pour être utilisé en grande culture, mais il est déjà capable de rendre des services dans le jardinage et dans la culture maraîchère.

B. *Mutage des liquides fermentescibles.* — Il peut y avoir intérêt à empêcher, pendant un temps plus ou moins long, un liquide de fermenter, soit parce que, dans l'impossibilité de l'employer au fur et à mesure de sa préparation, on doive en stocker momentanément une partie, soit parce qu'il faille l'expédier de son lieu de production à celui, situé au loin, de son utilisation. Or le chauffage n'est pas toujours applicable. On ne saurait traiter de cette façon certains sucs végétaux sans altérer leur couleur et leur arôme, certains liquides animaux sans les coaguler.

Une autre voie est ouverte, celle des agents chimiques, mais, plutôt moins encore que lorsqu'il s'agit des sols, on ne connaît de substances réunissant les qualités désirables. Le trichloronitrométhane se présente alors comme un produit microbicide très approprié. Son activité est comparable et parfois supérieure à celle du formaldéhyde, mais, contrairement à celui-ci et à presque tous les antiseptiques, il ne coagule pas les protéides. C'est ainsi qu'en sa présence j'ai pu faire cristalliser à plusieurs reprises et conserver ensuite des années dans son eau mère, sans changement de propriétés, de l'ovalbumine de poule. D'autre part, bien que le produit tue les cellules microbiennes à de faibles concentrations ([3]), il n'entrave pas, ou seulement dans une faible mesure, l'action des biocatalyseurs organiques, tels que la sucrase, l'uréase, la tyrosinase et même la zymase ([4]).

Il était à prévoir, dans ces conditions, que l'addition d'une très petite quantité de trichloronitrométhane à des liquides fermentescibles permettrait en premier lieu, de ralentir et même d'entraver tout développement microbien au sein de ces liquides et, cela, sans amener aucun changement dans leur composition et leurs propriétés; en second lieu, qu'il serait possible, par un simple chauffage à l'ébullition, d'éliminer, par décomposition et volatilisation, ce qui pourrait rester du conservateur et de retrouver les liquides primitifs avec l'ensemble de leurs caractères.

C'est effectivement ce que de nombreuses expériences m'ont permis de vérifier : du moût de raisin, des jus de fruits, du lait, de l'urine etc. ont pu

---

([3]) *Loc. cit.*, et, en collaboration avec Mme Rosenblatt, *ibid.*, **170**, 1929, pp. 1350 et 1468.

([4]) En collaboration avec Mme Rosenblatt, *ibid.*, **171**, 1920, p. 137.

être conservés des jours, des semaines et des mois, suivant la dose du conservateur, de la manière la plus simple. La dose à ajouter varie naturellement un peu avec la nature du liquide à traiter; elle varie aussi, selon les règles communes de la bactériologie, avec l'état de contamination du liquide, la température ambiante, enfin avec la durée projetée de la conservation. En règle générale, une addition de l'ordre de grandeur d'un 10/1000 suffit pour assurer la conservation, même du lait et de l'urine, pendant une à deux semaines, voire davantage, suivant l'état de contamination et la température ambiante.

L'emploi judicieux du trichloronitrométhane se prête ainsi à un grand nombre de recherches de laboratoire; on peut l'appliquer en grand aux liquides les plus divers, alimentaires ou industriels; il convient particulièrement bien pour la fabrication des laits condensés ou desséchés, de la caséine et du lactose, des masses textiles ou plastiques à base de lait.

IMMUNOLOGIE. — *Développement de la production de l'antigélatinase tétanique chez les Chevaux au cours de leur hyperimmunisation au moyen de l'anaferment spécifique.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **Louis Nicol**.

Nous avons mis dernièrement en évidence le principe de la transformation d'un ferment microbien tel que la gélatinase tétanique en *anaferment*, dépourvu de pouvoir gélatinolytique, mais capable cependant de provoquer l'apparition, dans le sérum sanguin de l'animal auquel on l'injecte, d'un antiferment qui, mélangé en proportion convenable au ferment spécifique, le met hors d'état de manifester sa propriété enzymatique (1).

Étendant le champ de nos investigations, nous avons étudié le développement de l'antiferment chez des Chevaux soumis à des injections du filtrat de culture tétanique qui a subi l'action du formol et de la chaleur et dont le ferment qu'il renferme a été, de ce fait, transformé en anaferment et la toxine en anatoxine.

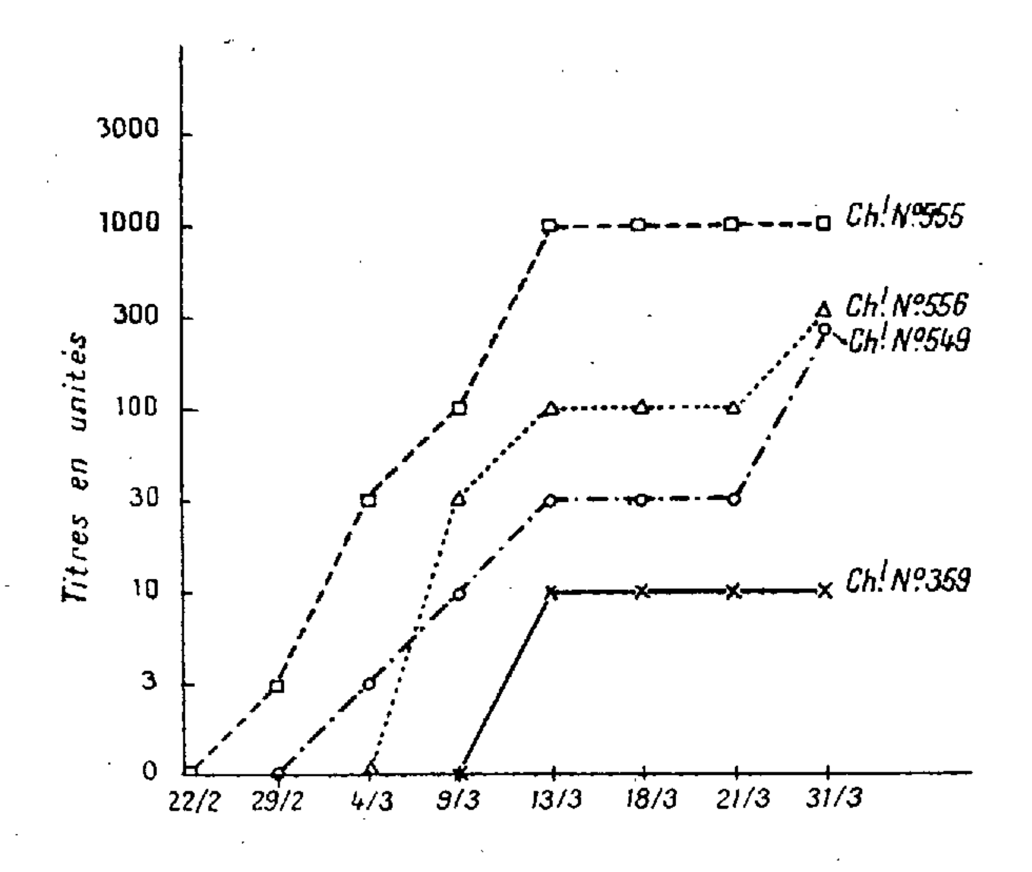
Un groupe de 8 Chevaux, qui avaient été vaccinés contre le tétanos plus ou moins longtemps auparavant et dans des conditions variées, sont traités, en vue de la production du sérum antitétanique, par des injections sous-cutanées à doses progressivement croissantes (40, 60, 120, 200 et 250$^{\text{cm}^3}$) de filtrat tétanique contenant l'anaferment et l'anatoxine spécifique. Ces injections sont faites respectivement les 22 et 29 février, les 4, 9, 13 et 21 mars. L'hyperimmunisation est achevée à l'aide de deux doses de filtrat tétanique dans lequel le ferment et la toxine n'ont pas été modifiés par le formol et la chaleur, et ont par conséquent conservé leur activité. Immédiatement avant chaque injection, on effectue chez tous les animaux une saignée d'épreuve. Dans les sérums ainsi recueillis, on dose l'antiferment ainsi que les différents autres anticorps qui peuvent s'y trouver, notamment l'antitoxine.

(1) G. Ramon, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 253.

Le dosage de l'antiferment, qui seul nous intéresse ici pour l'instant, est pratiqué selon la technique que nous avons mise au point (1) et que nous rappellerons brièvement :

A 1^{cm^3} de gélatine à 3 %, on ajoute des volumes variables de sérum : 1/3, 1/10, 1/30, 1/100, 1/300, 1/1000 de centimètre cube etc. Après 30 minutes de contact à l'étuve à 40°, on additionne ces mélanges d'une quantité fixe : $0^{cm^3},5$ de filtrat tétanique actif, représentant 3 doses gélatinolytiques. Après 4 heures d'étuve à 45° et un séjour de 5 à 6 heures à la chambre froide (+ 4°), on examine les tubes afin de constater la présence ou l'absence de gélatinolyse et l'on note quelle est la plus petite quantité de sérum qui a empêché la liquéfaction de la gélatine; cette quantité sert de mesure au pouvoir antidiastasique. On peut chiffrer ce pouvoir en adoptant conventionnellement une unité de mesure; l'unité antidiastasique étant, par exemple, représentée par la quantité de sérum qui s'oppose à la liquéfaction de la gélatine que doit provoquer en principe, dans les conditions indiquées, une dose gélatinolytique du filtrat tétanique. Ainsi, si $0^{cm^3},01$ d'un sérum déterminé neutralise l'effet de trois doses gélatinolytiques, ce sérum titre 300 unités par centimètre cube.

Opérant de cette façon, nous avons dressé pour chacun des Chevaux la courbe de production de l'antiferment tétanique au cours de l'hyperimmunisation. Nous donnons, à titre d'exemple, les courbes conjuguées concernant les Chevaux n°s 359, 549, 555 et 556.



A l'examen de ces courbes, il apparaît que la production chez le Cheval de l'antiferment, sous l'influence de l'anaferment, est variable d'un animal à l'autre, atteignant à peine 30 unités chez l'un des Chevaux (n° 359), alors qu'elle s'élève à 1000 unités chez un autre (n° 555). Ces valeurs différentes ne correspondent pas simplement à des variations individuelles de l'aptitude à l'élaboration des anticorps chez les animaux, elles s'expliquent également par les

traitements divers qu'ils ont pu subir avant leur hyperimmunisation. Nous en discuterons dans un Mémoire détaillé.

L'emploi que nous avons fait, en fin d'hyperimmunisation, du ferment non modifié ne semble pas ajouter beaucoup à la valeur de l'antiferment que permet d'atteindre l'anaferment seul.

Dans l'ensemble, le développement de l'antiferment tétanique sous l'influence de l'hyperimmunisation du Cheval au moyen de l'anaferment suit les lois générales de la production des anticorps. Nous aurons d'ailleurs à envisager ultérieurement la production comparée, chez les mêmes animaux, de l'antiferment et des autres anticorps, et en particulier de l'antitoxine tétanique.

M. **Philibert Guinier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage dont il est l'auteur, *L'œuvre de* Chambrelent, *la mise en valeur des Landes et la création de la forêt landaise*. C'est le développement d'une conférence faite à Bordeaux, le 2 août 1943, au cours de la cérémonie commémorative organisée par l'Administration des Eaux et Forêts et les groupements forestiers locaux à l'occasion du cinquantenaire de la mort de Chambrelent. A cette cérémonie l'Académie, dont Chambrelent avait été Membre dans la Section d'Économie rurale, était représentée par M. H. Devaux.

Chambrelent a eu l'incontestable mérite de formuler de manière précise, grâce à son esprit scientifique, les principes qui devaient servir de base à la mise en valeur des Landes, vaste étendue de 800000 hectares presque inculte, peu peuplée et insalubre : les points essentiels sont l'abaissement du plan d'eau par un drainage rationnel et la culture du Pin maritime. Donnant l'exemple, dans une propriété personnelle, il a réussi, par une action tenace, à convaincre ses contemporains et à faire adopter par les Pouvoirs publics les mesures nécessaires pour l'application de sa méthode. Grâce à lui les Landes, transformées en une vaste forêt de Pin maritime, produisant abondamment du bois et de la résine, ont connu une ère de prospérité. Il a droit à la reconnaissance du Pays.

CORRESPONDANCE.

DYNAMIQUE DE L'ÉTHER. — *Essai d'une théorie de la propagation ellipsoïdale des champs électromagnétiques et gravifiques*. Note (¹) de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le potentiel-tenseur Υ^α apparaît, dans la théorie de la propagation ellipsoïdale des champs électromagnétiques et gravifiques, comme la grandeur fondamentale de l'Univers. A chaque ensemble de fonctions $\Upsilon^\alpha(x^\lambda)$ nous associons un ds^2 dont les coefficients $g_{\alpha\beta}$ se déduisent de ces fonctions. Nous

(¹) Séance du 31 mai 1944.

supposerons que l'axe des temps est perpendiculaire à l'espace tridimensionnel; on aura alors partout $g_{4p}=0$ $(p=1, 2, 3)$. Si, de plus, nous regardons les coordonnées spatiales x^p comme des coordonnées cartésiennes orthogonales de la géométrie euclidienne classique ([2]), nous pouvons traduire l'hypothèse d'une propagation ellipsoïdale du type II ([3]) *au voisinage* d'un foyer ponctuel (de vitesse $\vec{u}$ suivant Ox^1 dans le référentiel principal) par les relations

$$(1)\qquad g^{11}=g^{22}+\varkappa^2 g^{44},\qquad g^{22}=g^{33},\qquad g^{\alpha\beta}=0\qquad (\alpha\neq\beta)\ \ ([2]),$$

où $\varkappa=|\vec{\varkappa}|=|\vec{u}c^{-1}|$ $(c=3.10^{10}\,\text{cm/s})$. $\varkappa$ n'étant défini que sur le foyer, ces formules n'ont, à distance, aucun sens immédiat. Pour en tirer des relations valables dans le champ tout entier, remarquons que, dans toutes les théories déduites de celle de Maxwell, les composantes Υ^α du potentiel-tenseur du champ créé par un électricule en mouvement sont, *sur cet électricule*, proportionnelles aux composantes u^α de sa vitesse quadridimensionnelle ([4]) :

$$(2)\qquad \frac{\Upsilon^a}{\Upsilon^4}=-i\varkappa^a\qquad (\varkappa^a=u^a c^{-1},\ a=1, 2, 3).$$

Désignons par $g^{(0)11}$, $g^{(0)22}$, $g^{(0)33}$, $g^{(0)12}$, ... des composantes tensorielles, que (dans le système de coordonnées actuel, et dans un Univers quasi-euclidien) nous admettrons voisines de 1 ou de zéro, la relation (1) nous conduit à poser

$$(3)\qquad g^{11}=g^{(0)11}-g^{44}\left(\frac{\Upsilon^1}{\Upsilon^4}\right)^2,\qquad g^{22}=g^{(0)22}-g^{44}\left(\frac{\Upsilon^2}{\Upsilon^4}\right)^2,\qquad g^{33}=g^{(0)33}-g^{44}\left(\frac{\Upsilon^3}{\Upsilon^4}\right)^2,$$

où, grâce au choix de la direction de Ox^1, $\Upsilon^2=\Upsilon^3=0$. Si l'on observe que, pour toutes les transformations purement spatiales $x^a(x^p)$ $(a, p=1, 2, 3)$, g^{pq} et Υ^p sont des composantes contrevariantes de tenseurs spatiaux, tandis que g^{44} et Υ^4 jouent le rôle d'invariants, on déduit des formules (3) la relation unique qui les synthétise dans un système fixe quelconque de coordonnées spatiales

$$(4)\qquad g^{pq}=g^{(0)pq}-g^{44}\frac{\Upsilon^p\Upsilon^q}{(\Upsilon^4)^2}.$$

Or nous pouvons grouper tous les $g^{\alpha\beta}$ $(\alpha, \beta=1, 2, 3, 4)$ dans une même relation tensorielle pour les transformations de l'Espace-Temps, en écrivant, au lieu de (4),

$$(5)\qquad g^{\alpha\beta}=g^{(0)\alpha\beta}-\frac{\Upsilon^\alpha\Upsilon^\beta}{|\Upsilon|^2},$$

où $g^{(0)aa}\simeq 1$, $g^{(0)ab}\simeq 0$ $(a\neq b)$, et $g^{(0)44}\simeq 2$. On vérifiera que l'hypothèse d'une

---

([2]) H. EYRAUD, *Les équations de la dynamique de l'éther*, p. 37.

([3]) P. DIVE, *Bull. astronom.*, **12**, 1, 1940, p. 16; *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 273.

([4]) H. EYRAUD, *Les équations de la dynamique de l'éther*, p. 53; P. DIVE, *La Technique moderne*, **33**, XIX et XX, 1941, p. 281.

propagation du type II est ainsi respectée jusqu'au quatrième ordre près en $\varkappa$.

Cette formule n'est encore valable que sur la ligne d'Univers de l'électricule. Mais si, avec Huyghens, nous admettons que tout point de l'éther atteint par une onde est assimilable à un centre émissif, nous sommes naturellement amenés à regarder (5) comme vraie en tout point excité de l'Espace-Temps.

Comme dans la théorie de Mie, nous introduisons une fonction universelle

$$\mathcal{L} = \sqrt{g_{\alpha\beta}}\, L(|H|^2, |\Upsilon|^2, \ldots), \tag{6}$$

dépendant des seuls invariants $|\Upsilon|^2 = \Upsilon_\alpha \Upsilon^\alpha$, $|H|^2 = 1/2\, H_{\alpha\beta} H^{\alpha\beta} \ldots$ qu'on peut former au moyen des Υ^α et des composantes $H_{\alpha\beta}$ du champ électromagnétique. Les fonctions $\Upsilon^\alpha(x^\beta)$ seront alors régies par les équations, tirées du principe d'action stationnaire

$$\delta \iiiint \mathcal{L}\, dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4 = 0 \tag{7}$$

par variation des Υ_α, auxquelles nous ajoutons l'équation

$$\mathcal{I}^\alpha = \sqrt{g_{\alpha\beta}}\, I^\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial |\Upsilon|^2} \Upsilon^\alpha \ldots = \sqrt{g_{\alpha\beta}} \left(i\eta \frac{dx^\alpha}{ds} + C^\alpha \right), \tag{8}$$

η étant la densité maxwellienne de charge et C^α le courant de conduction.

Le tenseur d'énergie sera défini par la formule

$$\sqrt{g_{\alpha\beta}}\, T_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial g^{\alpha\beta}}. \tag{9}$$

La théorie des formes quadratiques nous permet d'interpréter les $g^{(0)\alpha\beta}$. On sait en effet qu'on peut écrire simultanément, dans tout repère ([5]),

$$T^{\alpha\beta} = \Sigma_q c_q V^\alpha_{(q)} V^\beta_{(q)} + c_4 V^\alpha_{(4)} V^\beta_{(4)} \tag{10}$$

$$g^{\alpha\beta} = \Sigma_q V^\alpha_{(q)} V^\beta_{(q)} + V^\alpha_{(4)} V^\beta_{(4)} \qquad (q = 1, 2, 3), \tag{11}$$

où les $V^\delta_{(\gamma)}$ $(\gamma, \delta = 1, 2, 3, 4)$ sont des vecteurs unités ($V^\alpha_{(q)}$ orienté dans l'Espace, $V^\alpha_{(4)}$ orienté dans le Temps). Et l'on voit qu'en négligeant le courant de conduction et en posant

$$V^\alpha_{(4)} = i \frac{dx^\alpha}{ds} = i \frac{\Upsilon^\alpha}{|\Upsilon|}, \tag{12}$$

il vient précisément la relation (5), où

$$g^{(0)\alpha\beta} = \Sigma_q V^\alpha_{(q)} V^\beta_{(q)}. \tag{13}$$

([5]) André Lichnérowicz, *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, **60**, IV, 1942, p. 247.

SPECTROSCOPIE. — *Détermination et interprétation des spectres d'absorption inrafrouges de dérivés mono- et disubstitués du benzène* (1250 *à* 2000 cm^{-1}). Note [1] de Mlle **Annie Delay**, présentée par M. Aimé Cotton.

Entre les fréquences de 1250 et 2000 cm^{-1} environ, les études antérieures sur les spectres d'absorption infrarouge des dérivés mono- et disubstitués du benzène ne concernent qu'un petit nombre de substances, et elles n'ont été faites qu'avec une dispersion nettement insuffisante. Dans cette région, avec un spectromètre enregistreur à miroirs et prisme de fluorine, nous avons étudié une dizaine de dérivés monosubstitués et une trentaine de dérivés disubstitués se répartissant entre les positions *ortho, méta* et *para*, du benzène.

I. Pour les *dérivés monosubstitués* C^6H^5-X, lorsque l'on classe les résultats obtenus, par ordre de poids croissant, on constate que les fréquences des bandes se modifient plus ou moins, lorsque le poids du substituant X varie, en formant des suites régulières. Généralement, comme on pouvait s'y attendre, le déplacement se montre d'autant plus important que le substituant est plus lourd.

Les dérivés monosubstitués ont une symétrie assez faible (C_{2v}), ce qui d'une part lève les dégénérescences existant pour le benzène, et d'autre part rétablit la concordance entre Raman et infrarouge. Sur les 30 modes de vibration prévus pour un modèle à 12 masses, 27 deviennent permis dans les deux phénomènes et 3 sont actifs seulement dans la diffusion et interdits dans l'absorption infrarouge.

L'identification d'un certain nombre de suites de raies Raman avec les modes de vibration a été donnée par Kohlrausch et Wittek [2]; nous nous sommes inspirée de ces résultats, en essayant de les compléter. Voici les limites entre lesquelles varient les fréquences des bandes que nous avons observées, lorsque X varie :

Suite........	1308-1348	1377-1398	1436-1477	1466-1499	1572-1615	1650-1721 cm^{-1}
Modes de vibration (*).	15	3	19*a*	8*b*	8*a* ou 7*b*	14

(*) suivant la notation de Wilson.

Les fréquences d'un certain nombre d'autres suites n'ont pas été attribuées à des modes de vibration fondamentaux. Cependant les séries semblent assez régulières, bien que certaines soient incomplètes :

Suite........	1254-1291	1287-1319	1730-1785	1790-1851	1868-1937	1941-2020 cm^{-1}

Dans l'ensemble, l'influence du substituant reste assez faible. Cette remarque

---

[1] Séance du 24 juillet 1944.

[2] *Sitzber. Akad. Wiss. Wien*, II*b*, 150, 1941, pp. 75-98; *Monatsh. f. Chemie*, 74, 1941, pp. 1-24.

permet de justifier certaines attributions. Par exemple, la vibration 19 *ab* (suivant la notation de Wilson), permise en absorption dans le cas du benzène, se dédouble, pour les dérivés monosubstitués, en 19 *a* et 19 *b*. La vibration notée 19 *a* correspond à un mode de vibration où le substituant X joue un rôle faible, par conséquent sa fréquence sera peu modifiée quand X variera. On prévoit, au contraire, pour 19 *b* un changement important. La fréquence de la vibration 19 *ab* du benzène étant 1477 cm^{-1}, les considérations précédentes engagent à choisir pour 19 *a* la suite 1436-1477 cm^{-1}. Cette attribution se justifie aussi par le fait que 19 *a* correspond à une raie Raman dépolarisée et 19 *b* à une raie polarisée. Le même raisonnement se répète pour les autres suites.

II. L'introduction dans la molécule de benzène de *deux substituants*, en position *ortho* ou *méta*, correspond à une diminution considérable de symétrie, type C_{2v} pour deux substituants identiques, type C_{1s}, si les substituants sont différents. Les dérivés *para*, au contraire, lorsque les deux substituants sont identiques, conservent une symétrie plus élevée (D_{2h}). Leur spectre doit être beaucoup plus pauvre en bandes que celui des dérivés *ortho* et *méta* correspondants. Kohlrausch et ses collaborateurs ([3]) ont donné l'analyse des spectres Raman des dérivés *méta* et *para*; nous avons largement utilisé leurs résultats. Nous avons relevé, en les complétant, sur les dérivés disubstitués $X\text{-}C^6H^4\text{-}Y$, un certain nombre de suites avec les fréquences extrêmes dans chaque cas :

Mode de vibration (*).	15.	3.	19*a*.	8*b*.	7*b*.	14.
Dérivés *o*...	1240-1293	1351-1420	1406-1462	1441-1501	1565-1619	1694-1712 cm^{-1}
» *m*..	1282-1312	1321-1377	1398-1482	1460-1499	1564-1620	1655-1709 »
» *p*...	1255-1292	1396-1436	1447-1460	1470-1517	1573-1650	1650-1695 »

(*) suivant la notation de Wilson.

La plupart des produits dont nous disposions étaient des dérivés dissymétriques, c'est pourquoi les spectres des dérivés *para* sont, en général, aussi riches en bandes que ceux des dérivés *ortho* et *méta* correspondants. Mais, dans les spectres de deux composés *para* symétriques que nous avons étudiés manquent, conformément à la théorie, les bandes attribuables aux modes de vibration 3, 7*b*, 8*ab*.

Remarques. — *a*. On retrouve ainsi, avec les dérivés mono- et disubstitués, un certain nombre de fréquences que nous avons identifiées précédemment ([4]) comme correspondant à des modes de vibration fondamentaux de benzène : (15) 1392 cm^{-1}, (19*ab*) 1477 cm^{-1}, (3) 1522 cm^{-1}, (14) 1801 cm^{-1}, mais elles se trouvent plus ou moins déplacées, quand le substituant varie. Lorsque l'on compare entre eux les résultats se rapportant aux isomères *ortho*, *méta* et *para*,

---

([3]) *Sitzber. Akad. Wiss. Wien.*, II*b*, **147**, 1939, pp. 344-365; **151**, 1942, pp. 109-122; *Monatsh. f. Chemie*, **72**, 1939, pp. 268-289; **74**, 1942, pp. 175-188.

([4]) Mlle A. DELAY et J. LECOMTE, *Comptes rendus*, **218**, 1943, p. 935.

les bandes attribuables aux mêmes modes de vibration possèdent des fréquences voisines, et il n'apparaît pas de déplacement systématique suivant la position respective des deux substituants.

b. Nous remarquerons qu'un certain nombre de substituants ne peuvent être considérés comme ponctuels qu'en première approximation. On note en effet dans le spectre certaines bandes fortes, qui échappent aux suites indiquées, et peuvent être considérées comme représentant des vibrations caractéristiques de valence (ν) ou de déformation (δ) des substituants.

Par exemple : $X = CH^3$, $\delta(CH^3)$ vers 1460 cm^{-1}; $X = NH^2$, $\delta(NH^2)$ vers 1626 cm^{-1}; $X = OH$, $\delta(OH)$ vers 1360 cm^{-1}; $X = CN$, $\delta(CN)$ vers 2240 cm^{-1}; $X = NO^2$, $\nu(NO^2)$ vers 1353 et 1529 cm^{-1}; $X = CHO$, $\nu(C=O)$ vers 1706 cm^{-1}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effets de l'écrouissage et de la trempe sur les propriétés électriques des ferronickels réversibles.* Note (¹) de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. Léon Guillet.

Dès 1898 Ch.-Ed. Guillaume a reconnu l'action de l'écrouissage et de la trempe sur la dilatabilité des ferronickels et, en 1917, j'ai pu la relier à un double effet physicochimique (²) : l'intervention abaisse le point de Curie et fait croître l'anomalie de volume associée à la transformation magnétique; en outre, tandis que la trempe maintient l'état γ des alliages voisins de la frontière austénitique, l'écrouissage leur fait subir une transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, quasi totale pour 27 % Ni, partielle pour 29 %, pratiquement insensible au delà de 30 %. Les traitements thermiques et mécaniques affectent aussi les coefficients thermoélastiques, mais les résultats sont plus complexes que pour la dilatabilité, surtout en ce qui concerne l'écrouissage, car les effets d'orientation cristalline s'ajoutent aux modifications physicochimiques. Ces effets d'anisotropie arrivent à dominer dans les changements exercés sur le coefficient de Poisson.

Afin de mieux discriminer les différentes modifications d'ordre physicochimique ou d'ordre structural conférées par la trempe ou l'écrouissage, il m'a paru intéressant d'étudier leur action sur la résistivité ρ et le pouvoir thermoélectrique ε. En effet, tandis que l'anomalie dilatométrique au point de Curie change de signe à 68 % Ni et présente une amplitude très faible dans un domaine étendu de composition, l'anomalie correspondante des propriétés électriques demeure qualitativement la même et conserve une amplitude du même ordre quelle que soit la teneur en nickel : les deux courbes (ρ, θ) et

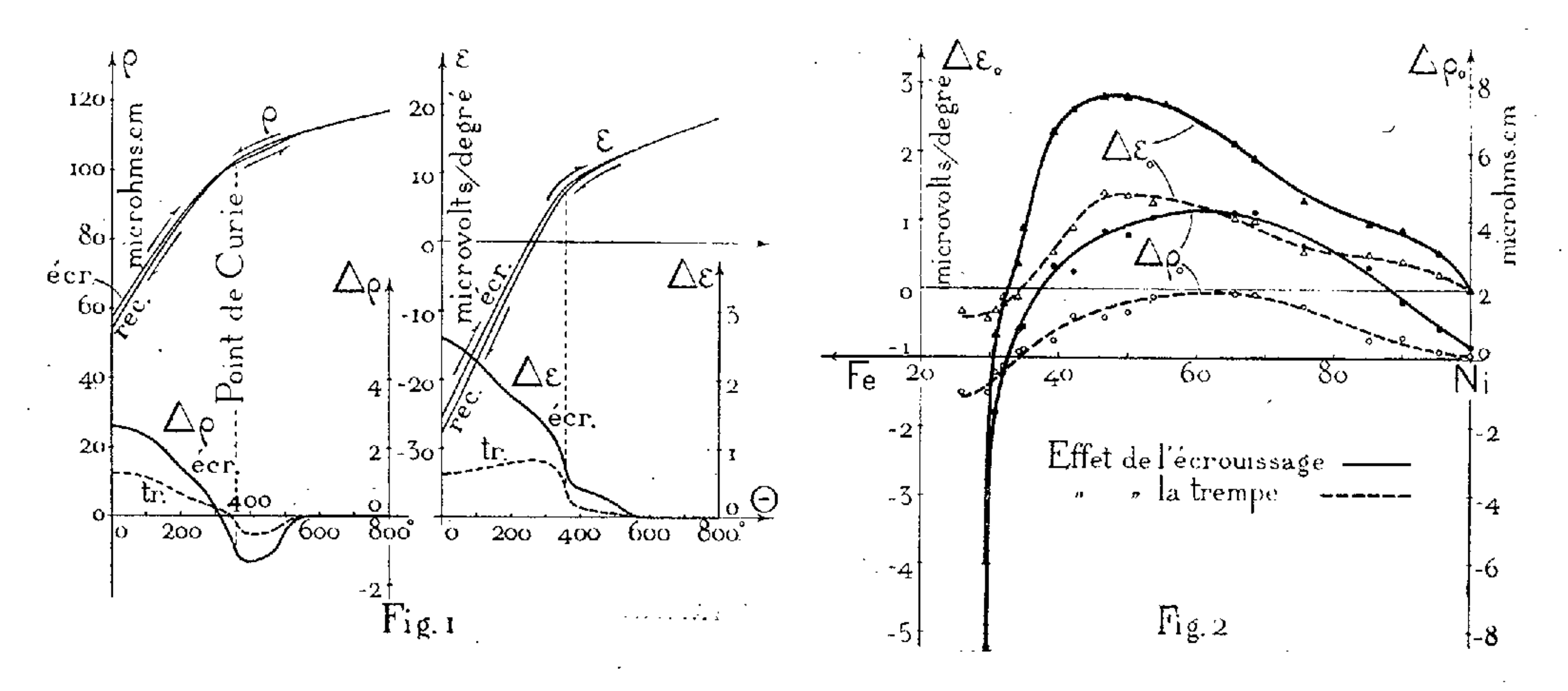
---

(¹) Séance du 16 août 1944.

(²) Voir Ch.-Ed. Guillaume, *Recherches métrologiques sur les aciers au nickel,* et P. Chevenard, *Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome* (*Trav. et Mém. du Bur. int. des Poids et Mesures,* **17**, 1927).

(ε, θ) s'élèvent dans le domaine de l'état ferromagnétique, s'incurvent à l'aplomb du point de Curie et présentent une faible pente au delà.

Le détail des expériences sera relaté ailleurs. Par des méthodes différentielles, qui opposent un fil recuit à 800° à un fil étiré de 175 % à la filière ou trempé à 900° dans l'eau, et qui comportent une chauffe à la vitesse de 250 degrés/heure, on a déterminé le pouvoir thermoélectrique $\Delta\varepsilon$ de l'alliage traité par rapport à l'alliage recuit et la différence $\Delta\rho$ de leurs résistivités respectives. La figure 1, tracée pour un ferronickel à 42 % Ni, montre



comment $\Delta\varepsilon$ et $\Delta\rho$ varient au fur et à mesure que la chauffe détruit l'effet du traitement; les courbes ρ et ε représentent l'évolution de la résistivité et du pouvoir thermoélectrique (rapporté au platine) de l'alliage écroui, au cours d'un cycle thermique poussé jusqu'à 800°.

1° L'écrouissage et la trempe produisent qualitativement les mêmes effets sur les ferronickels dont l'austénite est stable. La résistivité ρ est accrue aux températures nettement inférieures au point de Curie; mais, comme, en même temps, la croissance thermique de ρ est ralentie et le point de Curie abaissé, la courbe (ρ, θ) de l'état traité croise celle de l'état recuit et demeure au-dessous jusqu'à l'obtention du recuit : avec les traitements adoptés et la vitesse de chauffe admise, cet état recuit est pratiquement atteint à 550° quelle que soit la teneur en nickel. Donc, à température ordinaire (*fig.* 2), $\Delta\rho$ est positif pour presque tous les alliages; seuls ceux dont le point de Curie est bas présentent une différence $\Delta\rho$ négative, parce que les deux courbes (ρ, θ) se croisent au-dessous de l'ambiante. Dans leur ensemble, les effets des traitements sur le pouvoir thermoélectrique sont assez analogues aux effets constatés sur la résistivité.

2° En provoquant la transformation allotropique $\gamma \rightarrow \alpha$ des alliages les plus riches en fer, l'écrouissage détermine la chute quasi verticale des courbes $\Delta\rho$ et $\Delta\varepsilon$. Les méthodes électriques sont particulièrement sensibles pour mettre en évidence cette réaction d'instabilité puisque, après écrouissage intense, elles

révèlent des traces de phase α jusque dans l'alliage à 32 % Ni. Dans les applications des austénites, on s'oppose au changement $\gamma \rightarrow \alpha$ en incorporant des éléments divers, chrome, tungstène, molybdène etc.; les méthodes électriques sont donc précieuses pour contrôler l'efficacité de ces additions.

3° Pour interpréter les effets concordants de l'écrouissage et de la trempe sur les anomalies associées à la transformation magnétique des ferronickels réversibles, on peut admettre que ces interventions contribuent l'une et l'autre à détruire les *surstructures* (³), dont l'existence a été invoquée à propos des propriétés exceptionnelles de l'invar (Fe^2Ni) et du permalloy ($FeNi^3$). Appliqués aux alliages recuits, les traitements thermiques ou mécaniques ont pour résultat une distribution moins régulière des atomes de fer et de nickel dans le réseau : ils agissent ainsi à la façon d'une addition diluante telle que celle du chrome, qui a précisément pour effets d'abaisser le point de Curie et d'accroître la résistivité des ferronickels réversibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La séparation des acides mésodihydroanthracène-dicarboxyliques stéréoisomériques*. Note (¹) de MM. **Charles Dufraisse** et **Jean Mathieu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les deux acides mésodihydroanthracènedicarboxyliques stéréoisomériques

proviennent de l'action de l'anhydride carbonique sur le dérivé disodé de l'anthracène, suivant une réaction due à Schlenk (²).

W. Schlenk et E. Bergmann (³), une quinzaine d'années plus tard, avaient cru observer trois isomères répondant à cette formule, fondant respectivement à 286°, 294° et 297° : mais, par la suite, en 1941, H. Beyer et H. Fritsch (⁴) n'ont signalé qu'un seul acide fondant à 305-307°.

Nous avons obtenu récemment (⁵) deux isomères fondant instantanément

---

(³) O. Dahl, *Z. Metallkunde*, 28, 1936, p. 133.

(¹) Séance du 24 juillet 1944.

(²) W. Schlenk, J. Appenrodt, A. Michael et A. Thal, *Ber. d. chem. Ges.*, 47, 1914, p. 473.

(³) *Ann. der Chem.*, 463, 1928, p. 1.

(⁴) *Ber. d. Chem. Ges.*, 74, 1941, p. 494.

(⁵) *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 10, 1943, p. 504.

avec décomposition, l'un à 281-283°, l'autre vers 380°. La séparation a été effectuée suivant deux méthodes.

La première utilise le procédé connu de triage des cristaux à la main. Telle qu'elle a été mise au point, notre technique pourrait servir pratiquement; mais elle a eu surtout l'intérêt de nous procurer les échantillons purs qui nous ont permis d'établir la deuxième méthode, bien plus commode.

La difficulté de tout triage à la main réside dans l'obtention de cristaux faciles à distinguer, nettement séparés et assez gros pour que l'opération ne soit pas trop fastidieuse. Nos essais ont longtemps échoué avec de nombreux solvants, jusqu'à ce que nous ayons trouvé les conditions favorables avec le dioxane. Ce solvant a fourni l'isomère le plus soluble, donc le plus malaisé à séparer, en grandes tables losangiques atteignant plusieurs centimètres de côté et plusieurs millimètres d'épaisseur. Ces cristaux retiennent une molécule de solvant, qu'ils perdent à l'air en s'effleurissant. Le produit effleuri n'amorce plus les solutions sursaturées dioxaniques. Les amorces cristallines, très utiles pour les séparations ultérieures, doivent donc être conservées en atmosphère saturée de vapeurs de dioxane.

Une solution est préparée en agitant à froid le mélange des cristaux dans du dioxane. On décante et porte à l'ébullition pour détruire les germes cristallins. On abandonne ensuite à l'évaporation lente dans un cristallisoir recouvert d'un autre de dimensions légèrement plus grandes; il est recommandé d'opérer dans une pièce à température constante. On amorce de temps à autre, avec les précautions d'asepsie, par un petit nombre de fragments de cristal « *aseptisés* » par lavage au dioxane. S'il se dépose des cristaux de l'isomère peu soluble avant que se produise l'amorçage de l'autre, on transvase en aseptisant comme au début, après avoir ajouté un peu de solvant pour éviter la sursaturation et l'amorçage diffus qui en résulte. Les grands cristaux ainsi récoltés donnent le corps pur par simple cristallisation dans l'acide acétique.

Notre deuxième méthode est basée sur l'utilisation classique de deux solvants. Il suffit théoriquement de la plus faible différence entre les rapports de solubilités dans deux solvants de deux corps mélangés, pour que des cristallisations alternées dans l'un et dans l'autre liquide résolvent le mélange en ses constituants séparés. Dans la pratique, une complication intervient par suite de l'action dissolvante mutuelle des deux corps dans les solutions de leur mélange, de sorte qu'il convient, pour réussir, de s'assurer un assez large écart entre les deux rapports de solubilités. L'opération est d'ailleurs d'autant plus efficace que cet écart est plus grand, et l'idéal est de trouver deux milieux tels que le corps le plus soluble dans l'un soit le moins soluble dans l'autre. D'après nos mesures, plusieurs couples de solvants neutres auraient bien convenu, par exemple le couple acétone-benzène pour lequel on trouve respectivement les rapports de solubilités 1/15 et 1/1, soit un écart de 15, évalué par le quotient des deux rapports. Mais nous y avons

renoncé quand nous avons eu reconnu que les ordres de solubilités s'inversaient pour certains sels. Ainsi, l'acide le moins soluble dans les solvants neutres, 1/15 pour l'acétone par exemple, donne le sel de baryum le plus soluble, 25/1 pour l'eau par exemple, soit un écart, évalué comme plus haut, de l'ordre de 275; la séparation est alors très simple. Pratiquement on extrait du mélange l'acide le plus soluble, par agitation à froid avec l'alcool méthylique, et on le sépare à l'état de sel de baryum, peu soluble dans l'eau. On obtient ainsi, du premier coup, la majeure partie de chacun des deux corps. Il suffit de recommencer le double traitement sur le résidu de mélange récupéré de la liqueur aqueuse pour obtenir une séparation presque intégrale en un petit nombre d'opérations.

Cette inversion de l'ordre des solubilités des acides et de certains de leurs sels peut évidemment être retenue comme susceptible d'applications dans d'autres circonstances.

Comme chacun des deux corps se retrouve toujours avec les mêmes constantes, malgré une aussi grande différence entre les procédés de séparation, nous pouvons affirmer que nous avons isolé les deux isomères à l'état pur; par suite les corps antérieurement décrits par les auteurs doivent être considérés comme des mélanges. La confusion de ces mélanges avec des corps purs provient de ce que les deux isomères n'exercent pas de dépressions mutuelles de leurs points de fusion; les mélanges fondent alors à des températures intermédiaires entre celles des produits purs.

Nous préparons deux séries de dérivés de ces acides.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Respiration des tissus des tubercules de Carotte et de Topinambour. Influence du glucose et de l'acide indole-3 acétique.* Note [1] de M. **Maurice Lachaux**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons montré [2] que la respiration des tissus des tubercules de Carotte et de Topinambour s'accroît après un traumatisme. L'intensité respiratoire de fragments de tubercules conservés aseptiquement augmente pendant deux à trois jours après leur isolement, puis diminue peu à peu en demeurant toutefois plus élevée que celle de tubercules intacts, même après plusieurs semaines de culture.

Dans le but d'étudier l'action du glucose et de l'hétéro-auxine sur les variations de la respiration, nous avons cultivé des prismes de ces tubercules sur des milieux gélosés renfermant, soit du glucose seul, soit de l'acide indole-3 acétique, à doses variées, soit le mélange de ces deux corps. Tous ces milieux contenaient, en outre, des sels minéraux, de la cystéine et de l'aneurine aux

(1) Séance du 16 août 1944.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 218.

doses indiquées par Gautheret pour son milieu d'entretien I. Nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *Milieu contenant du glucose.* — A la concentration de $40^g\ ^0/_{00}$, le glucose augmente l'intensité respiratoire des fragments de tubercules de Carotte et de Topinambour. Au bout de 3 à 4 jours de culture, la quantité d'oxygène consommée par gramme de tissu frais et par heure est doublée en présence de ce sucre.

	Milieu non glucosé.	Milieu glucosé.
Carotte	0,040	0,080 cm^3
Topinambour	0,060	0,120

Avec le temps, l'intensité respiratoire diminue, mais après trois semaines de culture, elle est toujours environ deux fois plus élevée en présence de glucose :

	Milieu non glucosé.	Milieu glucosé.
Carotte	0,030	0,060 cm^3
Topinambour	0,040	0,060

2° *Milieux contenant de l'acide indole-3 acétique.* — L'acide indole-3 acétique à des doses croissantes de 10^{-8} à 10^{-6} n'influence pas sensiblement la respiration des fragments de tubercules de Carotte. A la concentration de 10^{-5} il l'inhibe, au moins pendant quelques jours.

La respiration de fragments de tubercules de Topinambour est, par contre, légèrement augmentée en présence de cette substance de croissance. Mais il ne nous a pas été possible de mettre nettement en évidence une concentration optimum entre 10^{-8} et 10^{-5}.

3° *Milieux contenant du glucose* (40^g *par litre*) *et de l'acide indole-3 acétique* (*de* $0^{mg},01$ *à* 10^{mg}, *soit de* 10^{-8} *à* 10^{-5}). — Pour les tubercules de Carotte, on retrouve couplés des faits analogues à ceux que nous avons signalés dans les cas précédents. C'est-à-dire que, sauf à la concentration de 10^{-5}, légèrement inhibitrice pendant quelques jours, l'acide indole-3 acétique n'a aucune influence nette sur la consommation d'oxygène, qui d'ailleurs se maintient à un niveau plus élevé qu'en l'absence de glucose :

Acide indole-3 acétique	0.	10^{-8}.	10^{-7}.	10^{-6}.	10^{-5}.
$cm^3 O^2$ g. f. h. après 4 jours de culture	0,075	0,066	0,068	0,072	0,050
» » 3 semaines »	0,052	0,056	0,032	0,037	0,039

La respiration des tissus de Topinambour, bien que fort irrégulière, est nettement accélérée par l'acide indole-3 acétique et, dans le temps, la concentration de 10^{-6} semble optimum :

Acide indole-3 acétique	0.	10^{-8}.	10^{-7}.	10^{-6}.	10^{-5}.
$cm^3 O^2$ g. f. h. après 6 jours de culture	0,087	0,093	0,097	0,092	0,064
» » 3 semaines »	0,063	0,086	0,052	0,086	0,062

En résumé, si l'on cultive aseptiquement, sur milieu gélosé contenant 40^g ‰ de glucose, des fragments de tubercules de Carotte et de Topinambour, ils consomment une quantité d'oxygène environ deux fois plus élevée qu'en l'absence de glucose et, de plus, leur intensité respiratoire se maintient plus longtemps à un niveau élevé.

L'acide indole-3 acétique, à des doses comprises entre 10^{-8} et 10^{-6}, soit seul, soit en présence de glucose (40^g ‰), n'exerce aucune influence nette sur la respiration des cultures de tissus de Carotte; la dose de 10^{-5} provoque une inhibition transitoire qui disparaît au bout d'une semaine, comme si la culture s'accoutumait à la substance de croissance [un phénomène analogue a déjà été signalé par R. J. Gautheret ([3]) vis-à-vis de la croissance des tissus de ce tubercule isolés depuis longtemps].

La respiration des tissus de tubercules de Topinambour est légèrement augmentée en présence d'acide indole-3 acétique et de glucose avec, semble-t-il, un maximum pour une concentration de 10^{-6}.

Les grandes variations individuelles que l'on constate d'une culture à l'autre font, toutefois, que ce matériel est peu favorable à une étude quantitative du phénomène. Nous nous proposons de lui substituer des tissus cultivés *in vitro* depuis longtemps, ayant subi de nombreux repiquages, et par conséquent plus homogènes, dans l'espoir d'obtenir des résultats plus constants.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'effet protérogène de l'amide nicotinique sur l'exuviation de* Triatoma infestans, *Réduvidé hémophage.* Note ([1]) de Mme **Marguerite Lwoff** et M. **Pierre Nicolle**, présentée par M. Robert Courrier.

Au cours de recherches sur le rôle éventuel de l'amide nicotinique comme vitamine pour *Triatoma infestans* Klug ([2]), nous avons constaté que cette substance provoquait, au moins dans certaines conditions, l'apparition précoce de l'exuviation.

La vitamine P. P., ajoutée seule au sérum (lots 74, 75, 76, 77 et 78) exerce un effet accélérateur sur l'exuviation. Cet effet atteint son maximum lorsque la teneur est égale à 16 fois la valeur de la nicotinamidémie normale. Au delà, des actions contraires viennent en masquer la manifestation. Dans une seconde série d'expériences (lots 80, 81, 82, 83 et 84), on a utilisé du sérum glucosé additionné, pour 100^{cm^3}., de mêmes doses d'hémine ($0^{mg},85$), d'aneurine (90γ), de lactoflavine ($2,5\gamma$), d'acide ascorbique (2^{mg}) et de pantothénate de calcium ($0^{mg},5$). Ce mélange, pour le lot 80 (lot témoin), était privé

([3]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 24, 1942, pp. 27-29.

([1]) Séance du 16 août 1944.

([2]) Voir nos publications antérieures sur la nutrition des Réduvidés hémophages (*Bull. Soc. Pathol. Exotique*, 34, 1941, p. 179; 35, 1942, p. 219; 36, 1943, p. 154; 37, 1944, p. 38 et *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 205 et p. 341).

d'amide nicotinique. Les autres lots recevaient le même régime additionné de vitamine P. P. à concentration respectivement 4, 8, 16 et 32 fois supérieure à celle du sang. Dans cette expérience, encore plus démonstrative, l'effet protérogène (²) de l'amide nicotinique augmente régulièrement avec les doses croissantes (voir le tableau). Cependant, avec la concentration 32, on observe un léger ralentissement dans la courbe de l'exuviation par rapport à la concentration 16. Cette dernière est donc la dose optimum pour la mise en évidence du phénomène.

Numéro des lots (de 50 à 100 larves).	Concentration en vitamine P. P. (¹).	Délais écoulés (en jours) entre le 1er repas et la 1re mue.	25 % des mues.	50 % des mues.	75 % des mues.	A.	B.	C.
1° Sérum glucosé + Vitamine P. P. seule.								
74......	2	25	31	32	36	90	25,8	4,36
75......	4	23	31	34	38	84	21,8	4,00
76......	8	24	31	32	38	86	23,1	4,61
77......	16	18	24	26	30	85	12,8	3,66
78......	32	18	25	27	35	69	11,3	3,47
2° Sérum glucosé + Hémine + Diverses vitamines hydrosolubles + Vitamine P. P.								
80......	0	19	27	29	35	86	22,5	4,30
81......	4	21	25	28	35	86	21,7	4,60
82......	8	19	25	27	30	92	24,2	4,54
83......	16	17	19	21	25	95	11,9	3,75
84......	32	16	19	22	26	95	11,8	3,68

(¹) En multiples de la nicotinamidémie normale moyenne, soit $0^{mg},9$ pour 100^{cm^3}.
A. Pourcentage de mues atteint à la fin de l'observation.
B. Quantités totales ingérées au cours du premier stade par un individu, en moyenne (en mg).
C. Poids des larves du deuxième stade aussitôt après la mue (en mg).

On note en même temps, des variations considérables, suivant les doses de vitamines P. P., dans les quantités totales de sérum ingérées par un individu, en moyenne, au cours de ce premier stade larvaire. Avec la concentration 8, la quantité ingérée est très sensiblement supérieure à celle du lot témoin. Les petites doses de vitamine P. P. favorisent donc la réplétion en excitant l'appétit, alors que les fortes doses produisent une inappétence, qui n'est peut-être que l'exagération hypervitaminique de l'inappétence physiologique précédant la mue. Corrélativement à ces variations, on note, avec les concentrations 4 et 8, une augmentation sensible du poids des larves du stade suivant, tandis qu'avec les fortes doses, les nouvelles larves ont un poids beaucoup plus réduit (85% du poids des individus du lot témoin). Cette diminution résulte, d'une part de l'abrègement des délais exuviaux, ce qui diminue le nombre des repas pris au cours du premier stade, d'autre part de l'inappétence précoce, qui limite, même au début, les quantités absorbées.

Quoique l'influence de l'alimentation sur la mue des Insectes, et spécialement des Hémiptères, soit évidente, il convient de souligner que c'est la première fois, à notre connaissance, que l'on établit une relation entre ce phénomène et

(²) de προτερε'ω = je devance.

l'ingestion d'une substance déterminée. Nous n'attribuons pas à ce facteur exogène de l'exuviation un rôle exclusif. Son action ne saurait non plus être mise en opposition avec celle du facteur endogène sécrété par les *corpora allata* et mis en évidence par Wigglesworth ([4]).

La séance est levée à $17^h 15^m$.

L. B.

([4]) *Quart. J. Micr. Sc.*, 76, 1933, p. 269; 77, 1934, p. 191; 79, 1936, p. 91.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1944.

L'œuvre de Chambrelent. La mise en valeur des Landes et la création de la forêt landaise, par PHILIBERT GUINIER. Bordeaux, Éditions Delmas, s. d.; 1 vol. 19^{cm},5.

Neue Physik auf Grundlage der Klassischen, par F. LEIRI. Helsinki, Akademische Buchhandlung, 1944; 1 vol. 25^{cm}, 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1944 [1].

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

POLARISATION DE LA LUMIÈRE. — *Sur les observations en lumière polarisée à la loupe ou au microscope. Recherche du dichroïsme rectiligne.* Note de MM. **Aimé Cotton** et **Pierre Manigault**.

Quand on étudie de petits objets au microscope polarisant, on fait presque toujours les observations en regardant successivement le champ lumineux pour deux orientations différentes du polariseur ou de l'analyseur. Il vaudrait évidemment beaucoup mieux pouvoir observer simultanément deux plages lumineuses contiguës; or la chose est possible.

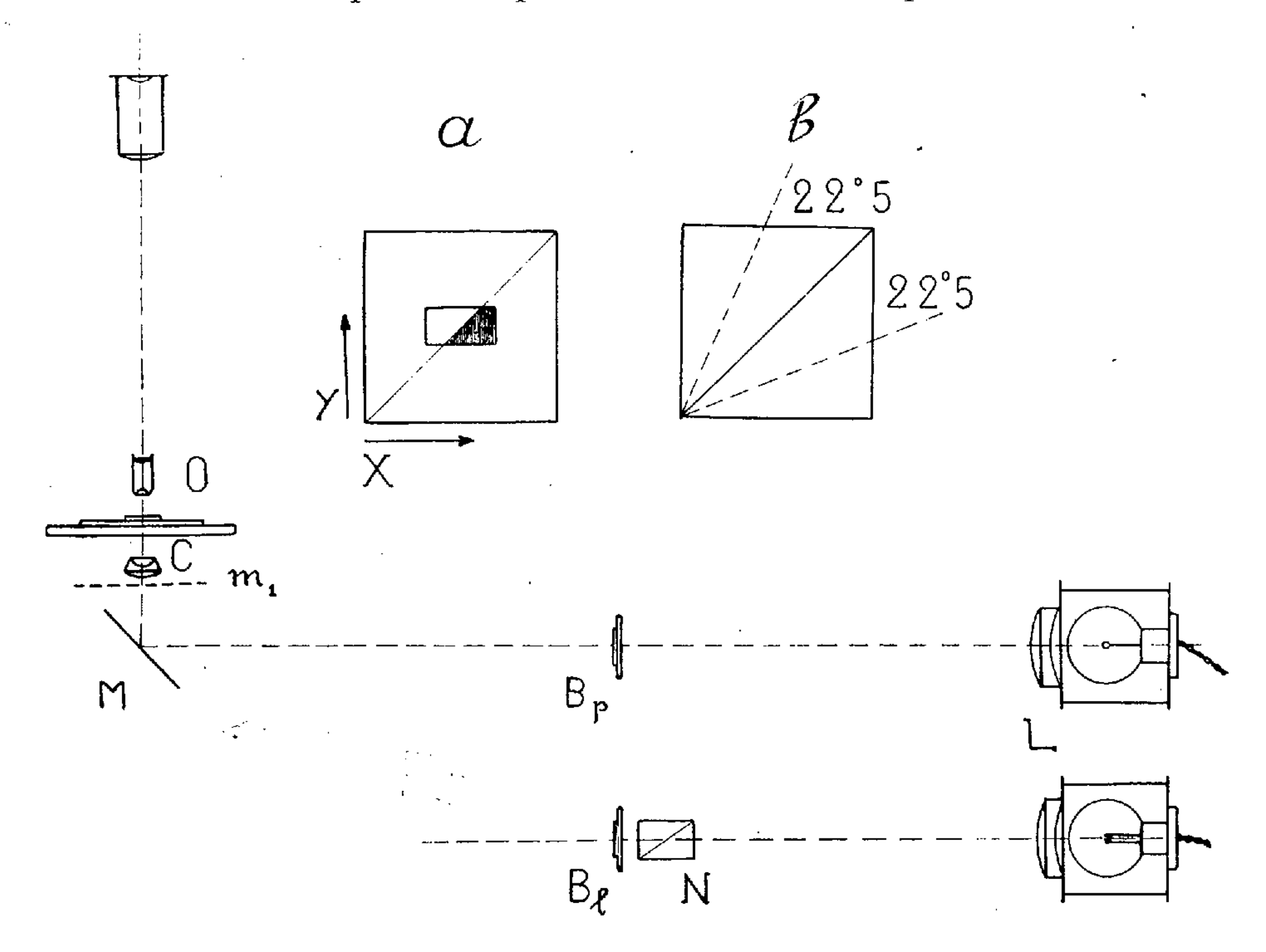
Pour le montrer, nous supposons que l'on veuille rechercher dans une lame l'existence du dichroïsme rectiligne. Nous admettons en premier lieu qu'il s'agira d'une lamelle cristalline assez grande pour qu'on puisse la regarder avec une simple loupe, ou d'un échantillon de cellophane colorée etc.

Une solution particulièrement économique consiste à employer un polariseur à deux plages obtenu en partant de polariseurs synthétiques. Dans le cas dont il s'agit, on peut utiliser soit des films polariseurs relativement épais qui portent déjà en eux-mêmes une couche protectrice, soit des pellicules minces préparées par le procédé de M. Servigne. Le plus souvent de tels films laissent passer sans les polariser des radiations situées aux extrémités du spectre : cet inconvénient, que l'emploi d'écrans affaiblissant ces radiations parasites atténuerait beaucoup, n'empêche pas de les utiliser à rechercher le dichroïsme. Dans le film ou la pellicule nue, on découpe deux parties qui sont ensuite juxtaposées de façon que, pour ces deux parties, les sections principales soient exactement à angle droit l'une de l'autre. Le cas supposé dans la figure en *a* est celui où la bilame polarisante B_p a été faite comme une bilame à teinte sensible de Bravais : les lignes de même nature font, avec la ligne de jonction, des angles de $\pm 45°$. Cette disposition présente l'avantage que ce sont alors deux parties contiguës du film primitif qui se trouvent voisines à nouveau l'une

---

[1] En raison de l'interruption de service du Chemin de fer métropolitain, la séance de l'Académie est ouverte à 16h30m au lieu de 15h.

de l'autre quand on les a rapprochées après retournement face pour face d'un des morceaux. Il faut que la coupure soit bien nette et que l'intervalle entre les



deux plages soit aussi petit que possible. A cet égard les pellicules de M. Servigne nous ont paru préférables, mais il faut quelques précautions pour les monter convenablement. Nous avons fait d'abord nous-mêmes cette opération avec l'aide de M. Tsaï : par la suite, M. Servigne a bien voulu mettre à notre disposition des lames qu'il avait montées lui-même entre deux glaces. Pour rechercher le dichroïsme, on pose simplement l'échantillon contre la bilame de façon qu'il chevauche la ligne de séparation, et l'on fait tourner l'un ou l'autre jusqu'à ce que la différence entre les deux plages, si elle apparaît, soit aussi accusée que possible.

Supposons maintenant que l'échantillon soit assez petit pour que l'on doive utiliser le microscope. Ce sera par exemple un élément dans une coupe de roche ou bien des cristaux en minuscules lamelles colorées naturellement que l'on obtiendra à partir d'une goutte de solution colorée déposée sur une lame de verre. Mais cela pourra être aussi des cristaux incolores que l'on aura plongés dans une teinture convenable de même que des préparations telles que celles que les naturalistes obtiennent par l'emploi des réactifs colorés. On sait en effet (M. Gaubert en a donné des exemples frappants) que, par un choix approprié des colorants et des milieux à teindre, on peut rendre dichroïques des corps transparents et avoir des renseignements utiles sur les substances mises en présence. Dans ce cas il est nécessaire de s'assurer au préalable que les verres dont est muni le microscope employé, y compris le condenseur,

conviennent à l'emploi de la lumière polarisée. La solution consiste en effet à projeter dans le plan de la préparation une image convenablement réduite de la bilame polarisante B_p que l'on utilisait avec la loupe. Il faut que le système de projection C à court foyer altère le moins posssible les vibrations que l'on a obtenues, et il vaut mieux employer un condenseur spécial exempt de trempe à la place du condenseur ordinaire. On pourrait l'éclairer par un faisceau lumineux vertical passant entre les deux branches du pied du statif après avoir traversé la bilame placée au-dessous à une distance suffisante. Mais on trouvera plus commode de ne pas avoir à modifier la table supportant le microscope, et de placer simplement sur cette table un dispositif de projection utilisant un faisceau de projection à axe horizontal. Il faut alors, comme l'indique la figure, employer un miroir plan M qui renverra sur le condenseur C le faisceau qui a traversé la bilame B_p.

Le choix du miroir M nécessite quelques précautions. Le miroir plan habituel, argenté par-dessous, présente l'inconvénient de donner plusieurs images parasites. Il faut lui préférer une surface réfléchissante métallique (ou un prisme équivalent) et s'arranger de façon qu'il modifie le moins possible les vibrations rectilignes que produit la bilame. Cette condition est remplie si ces vibrations sont parallèles ou perpendiculaires au plan d'incidence sur le miroir M. Le dispositif d'éclairage comprend l'ensemble des pièces réglées une fois pour toutes : L, B, M, C indiquées sur la figure. L'axe horizontal passant par B et L et l'axe optique vertical commun au condenseur C et à l'objectif du microscope doivent se rencontrer dans le plan du miroir M.

Il est commode de mettre le dispositif d'éclairage latéralement et à droite du statif. On a alors à la portée de la main les boutons qui permettent de donner à la bilame de petits déplacements. Le support de cette bilame doit en effet permettre de déplacer celle-ci dans son plan en la laissant normale au faisceau lumineux, de façon que l'image de la ligne de séparation se forme dans la région intéressante de la préparation. La bilame est montée comme une préparation microscopique sur une lame de dimensions courantes et portée par un support analogue à une platine auxiliaire disposée verticalement. Les boutons de manœuvre sont alors facilement accessibles et permettent de déplacer la bilame dans deux directions à angle droit correspondant aux deux directions indiquées par X et Y sur la figure. En agissant sur l'un des boutons, on pourra ainsi, à volonté, faire défiler dans le champ, à la cadence que l'on voudra, la ligne de séparation des deux parties de l'image. Mais si l'on veut simplement reconnaître le dichroïsme dans un objet occupant une région de la préparation, on arrêtera le passage de l'image de la ligne de séparation dans le champ au moment où elle traverse l'image de cet objet.

Cette image de la bilame formée dans le plan de la préparation est d'autant plus petite que le condenseur est plus puissant, mais l'image définitive que l'on regarde à travers l'oculaire est, inversement, agrandie par le microscope.

Le dichroïsme ne peut être mis en évidence, ici encore, qu'en faisant varier

l'azimut de l'objet à étudier par rapport à la ligne de séparation. Si le microscope est muni d'une platine tournante très bien centrée, cette rotation peut ainsi être assurée. Mais s'il n'en est pas pourvu, on peut suppléer à cette absence en plaçant au-dessous du condenseur C, après le miroir M, dans une position m_1 figurée en pointillé sur la figure, une lame mince de mica *demi-onde* pour la partie la plus intense du spectre. Pour la radiation pour laquelle elle est demi-onde, une telle lame remplace en effet une vibration incidente quelconque par la vibration symétrique de celle-ci par rapport à ses lignes neutres. Il suffira de faire tourner cette lame pour constater le dichroïsme.

Les pièces optiques constituant tous les organes de polarisation sont les moins coûteuses qu'il soit possible; mais bien entendu il y aurait des avantages, dans des observations en lumière blanche, à remplacer, si on le peut, les polariseurs synthétiques employés par des appareils en spath ou en quartz. La bilame pourra alors être formée par exemple de la façon suivante : on utilise une lame de mica demi-onde pour le jaune moyen, où l'on a découpé deux parties dont les lignes neutres de même espèce font entre elles un angle de 45°. Le mieux est de disposer ces deux lignes, comme il est indiqué en *b* sur la figure, de façon qu'elles fassent avec la ligne de jonction des angles de 22°5. En plaçant cette lame B_l à la suite d'un polariseur N, on réalise l'équivalent de la bilame polarisante employée précédemment, avec l'avantage que les plages dont on part paraissent cette fois tout à fait blanches et que leurs bords rapprochés formant la jonction peuvent être encore moins visibles.

M. **Dimitri Riabouchinsky** fait hommage à l'Académie de l'unique exemplaire qui a pu être conservé de son Ouvrage *Étude sur l'hypersustentation et la diminution de la résistance à l'avancement,* paru en mai 1940 dans les *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air,* sous le n° 167.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur une méthode d'adaptation des hélices à pas fixe réalisant une perte d'énergie minimum pour plusieurs régimes de fonctionnement.* Note (¹) de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

I. La perte d'énergie minimum pour une traction donnée étant obtenue pour la loi de vitesse induite $v/\omega R = \theta\xi^2/(\lambda^2+\xi^2)$ (notations de ma Note précédente) (²), la circulation correspondante peut s'écrire $\Gamma = \theta\Gamma^\star$, $\Gamma^\star(\xi, \lambda)$, étant la solution réalisant la répartition de vitesse v pour la valeur 1 du multiplicateur θ. Désignant par α le calage du premier axe de chaque profil sur le plan de rotation de l'hélice et par $\beta = \operatorname{arc\,tang}(\lambda/\xi)$ l'inclinaison sur le même plan

(¹) Séance du 7 août 1944.

(²) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 151.

de la vitesse locale, nous écrirons l'équation de fonctionnement de l'hélice dans le cas optimum

$$\theta\Gamma^* = kt\sqrt{\lambda^2+\xi^2}\left[\alpha(\xi) - \beta - \frac{\theta\xi}{\lambda^2+\xi^2}\right]. \tag{1}$$

Dans les cas usuels d'adaptation, la valeur de θ est déterminée de manière que l'hélice possède des caractéristiques globales données; par exemple pour réaliser un coefficient C_Q imposé on prendra pour θ la racine positive de l'équation

$$2p\theta^2\int_0^1 \frac{\xi^3\Gamma^*}{\lambda^2+\xi^2}\,d\xi + 2p\lambda\theta\int_0^1 \Gamma^*\xi\,d\xi + p\int_0^1 C_x t\sqrt{\lambda^2+\xi^2}\,\xi^2\,d\xi - C_Q = 0 \tag{2}$$

dans laquelle on met pour $C_x t$ des valeurs plausibles (que l'on précise après un premier calcul). L'équation (1) fournit alors une relation nécessaire entre les valeurs de kt et celles de α pour réaliser la circulation optimum.

II. Il est intéressant pour une hélice à pas fixe de présenter un bon rendement dans un intervalle étendu de fonctionnements; on y parviendra en réalisant un optimum pour plusieurs valeurs distinctes de λ. Soit C_{Q_1} et C_{Q_2} les coefficients imposés aux fonctionnements λ_1 et λ_2 (envol et croisière); il est clair que les deux équations analogues à (1) écrites pour λ_1 et λ_2, formant un système linéaire en $1/kt$ et α, admettent la solution unique

$$kt = \frac{\theta_1\Gamma_1^*\sqrt{\lambda_2^2+\xi^2} - \theta_2\Gamma_2^*\sqrt{\lambda_1^2+\xi^2}}{\sqrt{(\lambda_1^2+\xi^2)(\lambda_2^2+\xi^2)}\,(\varpi_2-\varpi_1)}, \qquad \alpha = \frac{\theta_1\Gamma_1^*\varpi_2\sqrt{\lambda_2^2+\xi^2} - \theta_2\Gamma_2^*\varpi_1\sqrt{\lambda_1^2+\xi^2}}{\theta_1\Gamma_1^*\sqrt{\lambda_2^2+\xi^2} - \theta_2\Gamma_2^*\sqrt{\lambda_1^2+\xi^2}}, \tag{3}$$

où $\varpi_p = \text{arc tang}(\lambda_p/\xi) + \theta_p\xi/(\lambda_p^2+\xi^2)] = \beta_p + \theta_p\,\delta i_p$ qui définit les caractéristiques de l'hélice demandée (pour une aile la solution est donnée par une elliptique non gauchie, qui est alors optimum à toutes les incidences). Pour un écart donné $\lambda_2 - \lambda_1$, la différence $C_{Q_1} - C_{Q_2}$ pourra être trop faible, avec le diamètre choisi initialement, pour que les valeurs (3) soient réalisables pratiquement; on peut faire une étude élémentaire de la solution (3) dans le cas (réalisé sensiblement pour $\lambda \geqq 0,2$) où l'équation (2) est commandée par son terme linéaire en θ, la multiplication de C_Q par un facteur donné μ (variation de diamètre) multipliera les valeurs de θ par le même nombre. Un calcul aisé montre alors que la variation de kt en fonction de μ est homographique et celle de α linéaire; en particulier kt présente une singularité pour la valeur $\overline{\mu}(\xi) = (\beta_1 - \beta_2)/(\theta_2\,\delta i_2 - \theta_1\,\delta i_1)$ qui correspond à $\alpha = \varpi_1 = \varpi_2$.

L'étude, dans chaque cas pratique, de la variation de $\overline{\mu}$ le long de la pale renseigne sur les valeurs possibles à attribuer à μ pour que les cordes satisfassent aux conditions imposées par la construction; on pourra par exemple choisir la valeur de kt dans la section où $\overline{\mu}$ est le plus faible et en déduire la valeur de μ et les caractéristiques complètes de l'hélice; l'équation (2) donne alors les C'_Q correspondant aux nouveaux θ, d'où le diamètre pour lequel les C_Q imposés se rapprochent le plus de ceux ainsi obtenus; la méthode est susceptible d'assez de souplesse pour conduire à des résultats pratiques intéressants.

Noter que la variation de R modifie les λ d'adaptation; on peut en tenir compte et refaire les calculs aux nouveaux fonctionnements, ou garder les anciens et modifier légèrement le pas par rotation de la pale autour de son axe.

III. Un cas particulier est celui où les deux valeurs λ_1 et λ_2 sont très voisines; il est alors facile de montrer que la donnée de C_Q et $\partial C_Q/\partial\lambda$ pour la valeur de λ considérée, et la condition d'optimum pour les valeurs du fonctionnement λ et $\lambda + d\lambda$ déterminent l'hélice de façon unique. Plaçons-nous au voisinage de $C_Q = 0$: en négligeant les C_x on voit que la solution θ de (2) tend vers zéro avec C_Q; en conséquence, d'après (1) $\alpha = \beta = \text{arc tang}(\lambda/\xi)$, ce qui impose un pas aérodynamique constant. Différentions (1), on a, au voisinage de $\theta = 0$,

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = -\frac{kt\cos\rho}{\Gamma^* + kt\cos\beta};$$

cette valeur doit être indépendante de ξ pour que la condition d'optimum soit réalisée pour $\lambda + d\lambda$ et il vient $kt\cos\beta/\Gamma^* = \text{const}$. La valeur de cette constante est fournie par celle de $\partial C_Q/\partial\lambda$ imposée $(\partial C_Q/\partial\lambda)_{\theta=0} = 2p\lambda\, d\theta/d\lambda \int \Gamma^*\xi\, d\xi$. On retrouve ainsi très simplement les résultats indiqués par Lock (*Airmansical Research Committee, Reports and Memoranda* 1377).

IV. La méthode est généralisable à un fonctionnement quelconque; si l'on pose $\gamma = \Gamma^*\cos\beta$, le système

$$\theta\lambda = kt\xi\left[\alpha - \beta - \frac{\theta\cos^2\beta}{\xi}\right], \qquad \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{kt\cos^2\beta(\theta\sin 2\beta/\xi - 1) - \theta\, \partial\gamma/\partial\lambda}{\gamma + kt\cos^2\beta} = \text{const.}$$

admet une solution unique en kt et α lorsque θ est déterminé par un C_Q imposé, et $d\theta/d\lambda$ par $\partial C_Q/\partial\lambda$.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le rôle des grands quanta d'énergie dans le phénomène de la combustion du carbone.* Note [1] de MM. **René Audubert** et **Charles Racz**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'expérience montre [2] que l'oxydation du carbone par l'oxygène à basse pression s'effectue suivant deux processus nettement distincts suivant le domaine de température envisagé : entre 1000 et 1300°C., la réaction globale du premier ordre (proportionnalité à la pression) représentée par $4C + 3O^2 = 2CO^2 + 2CO$, possède une énergie d'activation de l'ordre de 20 kg-cal. Lothar-Meyer a montré que le mécanisme de ce processus est lié à la dissolution de l'oxygène dans le graphite, les molécules se disposant entre les feuillets du cristal (réaction topochimique) [3].

---

(1) Séance du 22 mai 1944.

(2) Lothar-Meyer, *Z. physik. Chem.*, **17**, 1932, p. 385; **43**, 1930, p. 986.

(3) Lothar-Meyer, *Loc. cit.*; V. Hoffmann et A. Frenzel, *Kolloid Z.*, **58**, 1932, p. 8; **61**, 1932, p. 297.

Au-dessus de 1500°C. la réaction globale est représentée par

$$3C + 2O^2 = 2CO + CO^2$$

et son énergie d'activation est de 90 kg-cal.

Nous avons montré ([4]) que la combustion du carbone était susceptible de s'accompagner d'un rayonnement ultraviolet (2500 à 2000 Å) décelable par des compteurs photoélectriques à CuI.

L'intensité de l'émission est assez grande pour que l'on puisse en déterminer le spectre et mesurer l'énergie d'activation du processus primaire photogénique. On trouve ainsi 84 kg-cal, valeur très voisine de celle, 90 kg-cal, trouvée pour la réaction globale du deuxième type, seul processus, par conséquent, responsable de l'émission ultraviolette. Dans ces conditions, on peut admettre que la production de photons est due au retour à l'état normal de molécules activées de CO^{2*} dont la naissance accompagne, ainsi que l'établissent des considérations énergétiques, la dissociation du complexe superficiel ([5]) C^3O^4, dissociation qui rend compte des données cinétiques :

$$C^3O^4 \rightarrow 2CO + CO^{2*} \quad \text{et} \quad CO^{2*} \rightarrow CO^2 + h\nu.$$

Il est facile de montrer que les quanta de grande énergie (150 kg-cal/mol) correspondant aux photons émis jouent un rôle essentiel dans le mécanisme de cette dernière réaction. Si l'on considère d'abord la réaction non photogénique, $4C + 3O^2 \rightarrow 2CO^2 + 2CO$, on peut établir que l'activation par choc des molécules O^2 de la phase gazeuse suffit pour expliquer les faits de la cinétique. En effet, en admettant pour la réaction globale une énergie d'activation de 20 kg-cal, on peut calculer le nombre n, exprimé en micromols par minute, de chocs efficaces qui tombent par unité de surface sur le carbone $n = N e^{-\frac{E}{RT}}$, où N désigne le nombre total de chocs en micromols par minute, donné par la théorie cinétique des gaz, E l'énergie d'activation, R la constante des gaz, T la température absolue. D'autre part on peut comparer les valeurs de n ainsi calculées au nombre m de molécules d'oxygène consommées dans les mêmes conditions et l'on constate, ainsi que le montre le tableau ci-après, que ces nombres sont du même ordre de grandeur.

Mais, si l'on essaie de faire la même comparaison pour le processus d'oxydation du deuxième type, on constate que le nombre de chocs efficaces, calculé par la théorie cinétique des gaz, pour une énergie d'activation de 90 kg-cal, est extrêmement faible par rapport au nombre de molécules d'oxygène consommées dans les mêmes conditions.

([4]) R. Audubert et Ch. Racz, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 752.

([5]) L. Langmuir, *J. Am. Chem. Soc.*, **37**, 1915, p. 1139; Lothar-Meyer, *loc. cit.*; Khaikina, *Acta U. R. S. S.*, 8, 1938, p. 343; Eucken, *Z. angew. Chem.*, **43**, 1930, p. 987; R. Audubert et Ch. Racz, *Comptes rendus*, *loc. cit.*

Réaction.. $4C + 3O^2 \rightarrow 2CO^2 + 2CO$. | $3C + 2O^2 \rightarrow 2CO + CO^2$.

T.	Pression (mm Hg) × 10³.	N.	n.	m.	T.	Pression (mm Hg) × 10³.	N.	n.10⁶.	m.
1160...	2,6	90	0,16	0,3	1910...	8,6	270	1,70	2,1
1160...	11,4	3820	0,59	0,6	1916...	10,7	336	2,12	3,2
1160...	16,2	504	0,25	0,76	1960...	2,1	63,5	10,0	4,0
1160...	109,0	3650	0,66	0,7	1960...	10,3	324	5,2	6,0
1160...	111,0	3700	0,67	0,8	2050...	1,9	59,7	2,3	9,3
1390...	1100,0	37000	52,0	350,0	2050...	8,6	270	9,3	12,1
1520...	12,1	400	0,56	0,62	2050...	10,7	336	2,12	9,5
1520...	16,2	504	0,25	0,81	2050...	10,7	336	2,12	13,0
1520...	600,0	20000	27,0	36,0	2050...	70,0	220	0,76	11,2

On peut en conclure, ainsi que le confirme d'ailleurs l'ordre zéro de la réaction, que, dans ce cas, l'activation directe par choc est totalement impuissante à rendre compte de la vitesse d'oxydation observée. Il faut donc faire appel à une autre source d'énergie d'activation.

Comme dans les processus de ce type, l'analyse photogénique, en mettant en évidence des émissions de photons de 2000 Å, révèle l'existence de molécules de CO^2 à des niveaux d'activation pouvant atteindre 150 kg-cal/mol, il est naturel d'admettre que les quanta ainsi disponibles rendent possible un mécanisme par chaîne conformément au schéma :

$$3C + 2O^2 \rightarrow C^3O^4 \rightarrow 2CO + CO^{2*}$$
$$CO^{2*} + C^3O^4 \rightarrow 2CO + CO^2 + CO^{2*}$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$CO^{2*} \rightarrow CO^2 + h\nu$$

L'émission observée, d'autant plus faible que la chaîne est plus longue, apporte la preuve de l'existence d'échanges d'énergie indispensables à l'acte chimique et dont une fraction seulement apparaît sous forme de lumière.

Ces faits, ainsi que d'autres analogues établis par l'étude cinétique de divers phénomènes, mettent en lumière l'intérêt de l'analyse photogénique qui établit et précise le rôle important que jouent dans le mécanisme intime des métamorphoses chimiques les quanta de grande énergie.

MINÉRALOGIE. — *Sur les caractères spécifiques de l'hydrotalcite.* Note de Mlle SIMONNE CAILLÈRE.

L'hydrotalcite, hydrocarbonate magnésien alumineux, est connu dans deux gisements seulement, à Snarum en Norvège (¹) et à Chichine en Oural (²). Je n'ai eu à ma disposition que les matériaux de la collection du Muséum,

(¹) HOCHSTETTER, *Journ. prakt. Chem.*, 27, 1842, p. 376.

(²) N. S. KURNAKOV et V. V. CERNYCH, *Centralb. f. Miner.*, Abt. A, x, 1928, pp. 353-361.

comprenant uniquement des échantillons de Snarum. Dans ce gisement l'hydrotalcite d'un blanc laiteux est associée à une antigorite cireuse jaune verdâtre et à de la giobertite très bien cristallisée. Cet hydrocarbonate, rayé à l'ongle, se présente en masses onctueuses au toucher.

Caractères optiques. — L'hydrotalcite finement lamellaire possède une extinction de quelques degrés, un allongement positif, une biréfringence assez faible. Ce minéral est optiquement biaxe négatif et ses indices mesurés par la méthode d'immersion ont pour valeurs

$$n'_g = 1,510; \qquad n'_p = 1,503.$$

L'examen microscopique révèle qu'à Snarum l'hydrotalcite est accompagnée non seulement par l'antigorite et la giobertite, mais encore par un spinelle vert renfermant des inclusions d'hématite.

Composition chimique. — L'étude chimique, faite sur une prise d'essai triée à la pince aussi soigneusement que possible, m'a donné les résultats suivants : (colonne I) très voisins de ceux obtenus par N. S. Kurnakov et V. V. Cernych sur un échantillon du même gisement (colonne II). Dans la colonne III figurent les résultats donnés par ces mêmes auteurs pour l'hydrotalcite de l'Oural.

	I.	II.	III.
SiO^2	1,40	//	//
Al^2O^3	19,88	19,03	17,32
Fe^2O^3	1,10	0,38	0,78
CaO	0,11	//	//
MgO	33,90	35,82	37,16
CO^2	7,97	8,06	10,84
H^2O	0,15	//	//
//	35,99	36,18	33,52
	100,50	99,47	99,62

Les résultats de l'analyse I peuvent être interprétés de la façon suivante : antigorite 3,31 %, hématite 1,10 %, spinelle 8,50 %, hydrotalcite 87,09 %. Ce dernier minéral a la composition suivante : $2CO^2$, Al^2O^3, $8MgO$, $20H^2O$, très voisine de celle que j'ai admise pour la stichtite, $2CO^2$, Cr^2O^3, $9MgO$, $18H^2O$(3).

Résultats de l'étude thermique. — L'étude thermique, faite avec le dispositif différentiel de Saladin-Le Chatelier, fournit une courbe très nette présentant deux crochets endothermiques accentués : l'un vers 180°, l'autre vers 480°. L'hydrotalcite, chauffée à l'air à une température comprise entre celles de ces deux inflexions, à 300° par exemple, perd, au bout de 5 jours, 33,66 % de son poids, ce qui correspond sensiblement à la teneur en eau du minéral (35,99 %). La première inflexion révèle donc le départ de l'eau; la seconde le dégagement

(3) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 420.

du gaz carbonique. Celui-ci a lieu à une température bien inférieure à celle à laquelle s'effectue la mise en liberté de CO^2 dans la giobertite et dans l'hydrogiobertite.

Étude cristalline à l'aide des rayons X. — Le diagramme de Debye et Scherrer obtenu avec le minéral de Snarum est constitué par un petit nombre de raies : quatre d'entre elles seulement sont fortes dont les deux premières. Ce spectre est identique à celui de la stichtite et de la brugnatellite.

Le produit déshydraté à 300° ne présente plus aucune structure cristalline. Le départ de l'eau entraîne la destruction du réseau de l'hydrotalcite.

Après chauffage à 1000° le produit, de nouveau cristallin, présente les raies de l'oxyde de magnésium pur. Une calcination prolongée à température plus élevée (1400°) augmente la cristallinité de la poudre, qui montre non seulement les raies du périclase mais aussi celles du spinelle. Cette étude met en évidence un certain nombre de caractères de cet hydrocarbonate alumineux et magnésien, difficilement identifié par ses caractères optiques et sa composition chimique. En effet l'étude thermique différentielle, celle des produits de calcination à température constante, ainsi que l'emploi de l'analyse cristalline à l'aide des rayons X donnent des moyens nouveaux pour caractériser ce minéral.

Au point de vue de la classification les résultats ainsi obtenus permettent de rapprocher avec certitude l'hydrotalcite de la stichtite et de la brugnatellite.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de la respiration de tissus végétaux isolés cultivés* in vitro. *Tissus de tubercule de Topinambour.* Note de M. **Maurice Lachaux**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons étudié (¹) la respiration de fragments de tubercules de Carottes et de Topinambours cultivés aseptiquement sur milieux variés. Ces tissus sont riches en réserves, si bien qu'il est difficile d'analyser avec exactitude l'effet sur la respiration des substances que l'on introduit dans le milieu nutritif.

Si l'on s'adresse à des tissus cultivés *in vitro* depuis longtemps, ayant subi de nombreux repiquages, suivant donc avec une souplesse beaucoup plus grande les variations de composition du substrat, il semble que l'on puisse étudier plus aisément le mécanisme de la respiration des tissus végétaux. C'est un terrain à peu près inexploré. On ne trouve dans la bibliographie que deux publications de L. Plantefol, qui, seul (²) ou en collaboration avec R.-J. Gautheret (³), a montré que l'intensité respiratoire du tissu cambial de *Salix Caprea* est d'abord accélérée par la mise en culture et que, au bout d'une dizaine de jours, elle diminue peu à peu.

(¹) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 218 et 244.
(²) *Comptes rendus*, **207**, 1938, pp. 1221-1223.
(³) *Ibid.*, **208**, 1939, p. 927.

La présente Note se rapporte à l'étude de la respiration de cultures de tissus de tubercules de Topinambour. Il s'agit de souches isolées depuis plusieurs années par Gautheret.

L'étude de leur respiration a été faite dans des conditions identiques à celles qui ont été précisées dans une Note précédente (¹). Toutefois, comme les cultures, surtout à leur début, ont un faible poids, elles ont été maintenues pendant 48 heures environ dans les ampoules à respiration et les résultats ont été exprimés en centimètres cubes d'oxygène absorbé par gramme de matière *sèche* et par heure (O^2 g.s.h.) afin d'augmenter la précision des dosages.

Pour suivre dans le temps les variations de l'intensité respiratoire, il paraissait préférable de faire des mesures sur une même culture. Mais, outre qu'il est difficile de maintenir une asepsie rigoureuse au cours des manipulations, Plantefol a montré que, dans ces conditions, les tissus ne prolifèrent pas, car ils sont probablement lésés par les extractions gazeuses répétées qu'ils subissent.

Nous avons donc procédé à plusieurs repiquages à partir d'une même souche. Au bout de quelques mois, nous avons obtenu un certain nombre de cultures aussi semblables que possible. Ces cultures ont alors été repiquées sur le milieu d'entretien gélosé III de R.-J. Gautheret (⁴), dans lequel le saccharose était remplacé par 40 °/₀₀ de glucose. A des dates déterminées, nous avons mesuré l'intensité respiratoire moyenne en utilisant un certain nombre de ces cultures (cinq en général).

De cette manière nous avons observé que la mise en culture est suivie d'une accélération puis, après un maximum vers le 7ᵉ jour, d'une diminution lente de l'intensité respiratoire. Une souche personnelle, différente, de tissu de tubercule de Topinambour, nous a montré un phénomène analogue, le maximum étant reporté toutefois au 18ᵉ jour. Mais, dans les deux cas, les valeurs absolues des intensités respiratoires sont les mêmes, aussi bien pour les valeurs les plus élevées (O^2 g.s.h. $= 1^{cm^3},50$) que pour les valeurs les plus basses (O^2 g.s.h. $= 0^{cm^3},58$).

En comparant la respiration de cultures saines avec celle de cultures contaminées fortuitement par des Champignons, nous avons pu constater que la contamination diminue légèrement l'intensité respiratoire des tissus de tubercule de Topinambour.

En résumé, les tissus isolés du tubercule de Topinambour, cultivés sur milieu d'entretien, ont une intensité respiratoire qui se stabilise aux environs de O^2 g.s.h. $= 0^{cm^3},60$. Lors de leur repiquage sur milieu neuf, cette intensité respiratoire s'élève brusquement et, après quelques oscillations, atteint, le

---

(⁴) *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, Paris, 1942, p. 53.

7e jour, un maximum voisin du triple ($1^{cm^3},50$) de cette respiration stabilisée. Ces phénomènes se retrouvent quantitativement sur deux souches de Topinambour d'origine différente.

ANATOMIE. — *Le système calcarin, au cours du développement cérébral, chez l'Homme.* Note (1) de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Louis Lapicque.

Les nombreux travaux d'embryologie se rapportant au cerveau humain sont loin de concorder en ce qui concerne le début du développement télencéphalique, et ceci en raison de la difficulté de se procurer les premiers stades de l'évolution, de conserver les matériaux, de leur assigner un âge précis, enfin de reconnaître une série de sillons cérébraux particuliers à l'Homme, les sillons transitoires prêtant à confusion avec les sillons définitifs.

Grâce à MM. H. Vignes, R. Piédelièvre, L. Dérobert et R. Le Breton, qui ont bien voulu me fournir les matériaux de ces recherches, j'ai pu suivre le développement des sillons de la face interne des hémisphères, depuis le début de leur apparition jusqu'à la naissance.

Durant le premier mois de la vie intra-utérine, le télencéphale est complètement lisse. Au début du deuxième mois s'indique, sur la face interne, un sillon arqué antérieur, la *fissura arcuata*, au-dessus de laquelle s'étend le *neopallium*. Au troisième mois, des sillons radiaires transitoires apparaissent sur l'une et l'autre faces des hémisphères (2), en commençant par la face interne, sur laquelle ils dureront jusqu'au cinquième mois de la vie embryonnaire, alors que, sur la face externe, ils ne subsisteront que quelques jours. Ces sillons sont peut-être en rapport avec le développement considérable des hémisphères, tandis que les parois du crâne n'ont pas encore acquis un accroissement correspondant; ils disparaissent ensuite, lorsque, semble-t-il, la cavité crânienne est devenue assez vaste pour contenir le cerveau complètement épanoui (D. J. Cunningham, 1892).

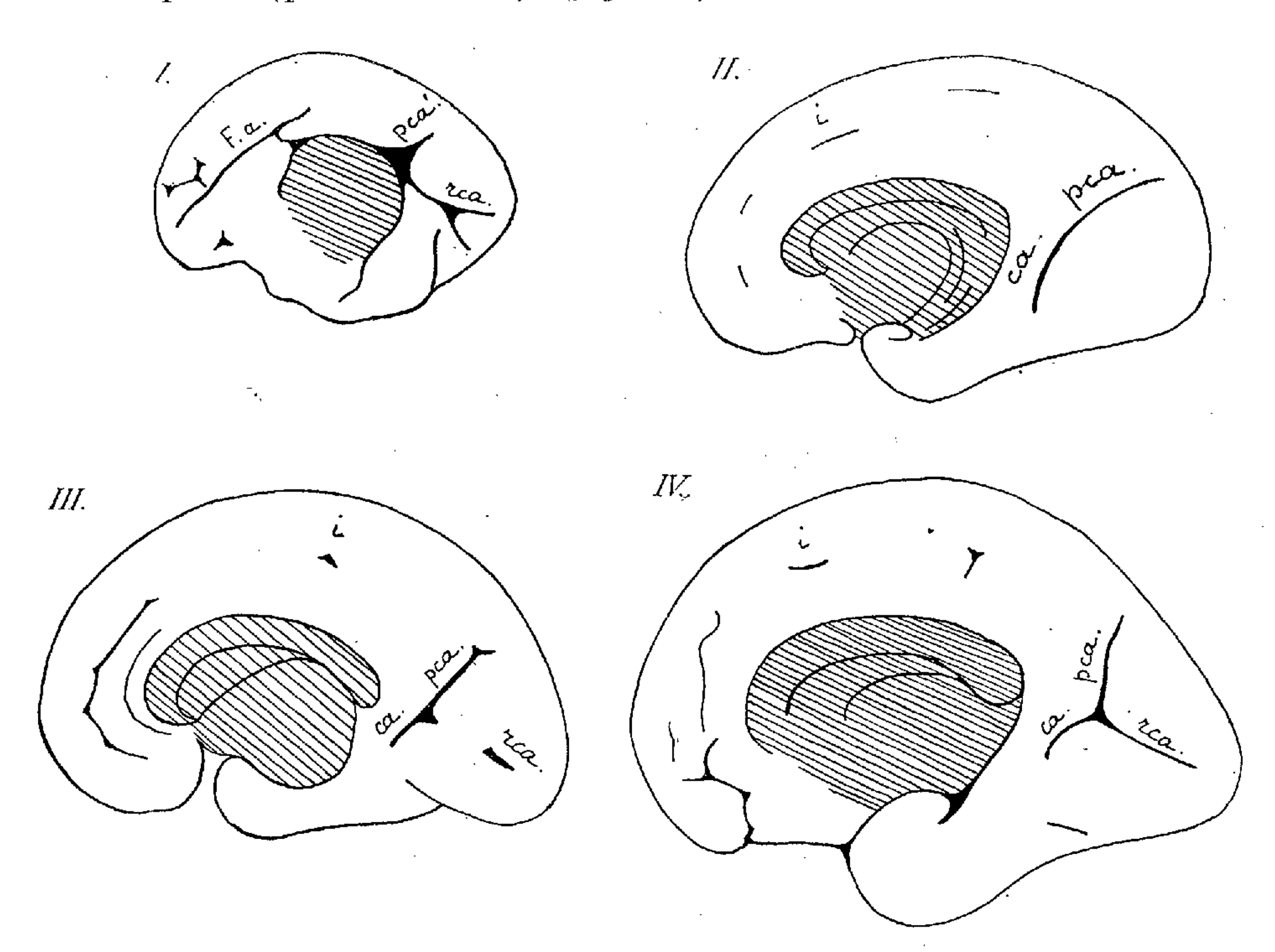
Les sillons transitoires de la face interne partent, dans leur ensemble, de la *fissura arcuata* pour se diriger vers le bord libre de l'hémisphère; ceux du lobe occipital ont un intérêt particulier : d'une façon très constante, on observe, à partir du quatrième mois, un sillon qui occupe l'emplacement de la rétro-calcarine et, souvent, un autre sillon comparable au sillon pariéto-occipital. Pour V. Kölliker (1879) et Richter (1887), ces sillons seraient les sillons définitifs eux-mêmes. Pour D. J. Cunningham (1892), l'un ou l'autre, parfois l'un et l'autre subsisteraient, en partie ou en totalité, pour constituer les sillons définitifs correspondants.

---

(1) Séance du 28 août 1944.

(2) Pour plus de détails, consulter M. Friant, *Revue scientifique*, **81**, IX, 1943, p. 456.

Les observations que j'ai faites sur des cerveaux fœtaux récemment prélevés montrent bien qu'au quatrième et au cinquième mois la rétrocalcarine temporaire persiste, au niveau du lobe occipital, soit seule, soit accompagnée du sillon pariéto-occipital temporaire (*fig.* I) et cela, alors même que les sillons définitifs commencent à s'indiquer sur la face externe. Mais tous les sillons transitoires sont effacés à la fin du cinquième mois ([3]). Les éléments du système calcarin définitif apparaissent au début du sixième mois seulement : on voit un sillon profond, la calcarine, prolongée, en haut et en arrière par le sillon pariéto-occipital (paracalcarine) (*fig.* II). A la fin du sixième mois la



Face interne de l'hémisphère cérébral droit de fœtus humains. — I. A la fin du quatrième mois (stade des sillons transitoires). — II. Au début du sixième mois (1er stade des sillons définitifs). — III. A la fin du sixième mois (2e stade des sillons définitifs). — IV. Au septième mois (3e stade des sillons définitifs) — F. *a*, *fissura arcuata*; *rca'*, rétrocalcarine temporaire; *pca'*, sillon pariéto-occipital temporaire; *i*, calloso-marginal (intercalaire); *ca*, calcarine; *pca*, sillon pariéto-occipital (paracalcarine); *rca*, rétrocalcarine. — Fig. I, au lieu de *rca*, *lire : rca'*. — 3/4 de grandeur naturelle.

rétrocalcarine est marquée par deux ébauches, l'une au niveau de la calcarine, avec laquelle elle forme sensiblement un angle droit, l'autre dans la région postérieure du lobe occipital (*fig.* III). Au septième mois, la rétrocalcarine est constituée et le système calcarin présente l'aspect classique d'un *lambda*

([3]) Il faut noter que parfois, cependant, les sillons temporaires semblent persister, dans la région occipitale, pour constituer les sillons définitifs correspondants. L'opinion de D. J. Cunningham se rapprocherait, alors beaucoup de la réalité des faits.

couché (*fig* IV). Il se développe ensuite ([4]) et, à la naissance, possède tous les caractères qu'il conservera chez l'adulte.

En somme, alors que, sur la face externe des hémisphères, plusieurs semaines s'écoulent entre la disparition des sillons transitoires et l'apparition des premiers sillons néopalléaux définitifs, sur la face interne, au contraire ces deux séries de sillons se succèdent dans le temps, sans phase d'interruption, d'où la difficulté de les interpréter et les erreurs qui ont régné jusqu'ici au sujet du développement de la région occipitale durant les six premiers mois de la vie embryonnaire.

PHYSIOLOGIE. — *Les modifications de l'excitabilité viscérale dans les principales avitaminoses.* Note de Mme **Berthe Chauchard**, M. **Paul Chauchard**, Mme **Henriette Mazoué** et M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

L'analyse chronaximétrique des modifications d'excitabilité des nerfs de la vie de relation permet de distinguer deux types opposés d'avitaminoses : les excitantes (A, B_1, E), qui raccourcissent les temps d'excitation nerveuse, et les dépressives (C et D), qui les allongent. Tout porte à croire que ces carences agissent en troublant le métabolisme cellulaire, soit dans le sens acide (excitation), soit dans le sens alcalin (dépression) ([1]). Étant donné que le fonctionnement des viscères est particulièrement sensible aux perturbations acides ou alcalines, il était intéressant de rechercher, dans les diverses avitaminoses, les modifications de l'excitabilité viscérale. Une étude de l'avitaminose B_1 du Rat ayant donné des premiers résultats satisfaisants ([2]), nous avons étendu nos investigations aux avitaminoses A et E, au rachitisme (chez le Rat) et au scorbut (chez le Cobaye).

Nous avons examiné parallèlement l'excitabilité du cœur, de l'intestin et des organes sexuels (utérus ou vésicule séminale). Ces mesures étaient effectuées *in situ* avec une anode diffuse, anale ou vaginale, la cathode étant une aiguille plantée dans le cœur à travers la paroi ou un crochet d'argent fixé sur l'intestin ou l'organe sexuel découvert. Le seuil consistait soit en une extrasystole visible aux mouvements de l'aiguille-cathode (pour le cœur), soit en une contraction liminaire observée à la loupe pour les autres organes ([3]). Le circuit d'excitation comportait des condensateurs dans le premier cas, un chronaximètre de Lapicque dans le second.

([4]) Voir notamment M. Friant, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 521.

([1]) P. Chauchard, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 647; R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, pp. 70 et 408.

([2]) B. et P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 407.

([3]) B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 647.

Les temps d'excitation sont allongés dans les avitaminoses A, B_1 (dernière phase) et E, indice de dépression que confirment notamment le ralentissement cardiaque et l'inhibition intestinale de l'avitaminose B_1. Par contre, dans le scorbut, le rachitisme et dans une première phase de l'avitaminose B_1, les temps d'excitation sont raccourcis et trahissent une excitation, en accord avec la diarrhée du scorbut et l'accélération cardiaque de ces syndromes. Nous donnons ci-après quelques-uns de nos résultats, exprimés en capacités chronaxiques (mμF) pour le cœur et en temps d'excitation (T 2R, chronaxies) chiffrés en millisecondes pour les autres organes :

	Durée de la carence (en jours).	Intestin.	Cœur.	Utérus.	Vésicule séminale.
Normal	0	36	100	0,5	2,5
Avitaminose A	25	55	200	12	10
Avitaminose B_1 (1re phase)	12	15	60		
Avitaminose B_1 (phase terminale)	27	65	200	7	5
Scorbut	10	5	40	0,25	
Rachitisme	11	7	50		0,7
Avitaminose E	90	65	170	25	45

N.-B. — Les chiffres relatifs à l'utérus et à la vésicule séminale concernent évidemment des animaux différents.

L'injection de la vitamine spécifique ramène en quelques minutes ces valeurs à la normale; le rythme cardiaque accéléré se ralentit ou s'accélère. Dans l'avitaminose A le carotène est moins actif que la vitamine A. Ainsi l'excitabilité viscérale varie en sens inverse de l'excitabilité des nerfs moteurs de la vie de relation; mais la variation est de même sens qu'au niveau des muscles striés, où les carences neurodépressives étaient excitantes et les carences excitantes dépressives. Cette dernière action, qui se trouve liée à l'évolution des troubles polynévritiques, n'est pas rigoureusement opposée à l'action de nerfs moteurs, ce qui est le cas, par contre, pour les viscères. Étant donné que les acides, connus pour leurs effets inhibiteurs sur les viscères allongent les temps d'excitation tandis que les alcalins ont un effet opposé, la conception qui voit à l'origine des syndromes avitaminiques des modifications de la réaction ionique tissulaire ([4]) reçoit une nouvelle confirmation. Notons plus spécialement le parallélisme observé dans les carences entre la variation du temps d'excitation et celle du rythme cardiaque; un tel parallélisme se rencontre sous l'effet des acides, des alcalins, dans les variations de la glycémie, tandis que les médiateurs chimiques des nerfs extrinsèques (acétylcholine, adrénaline) modifient en sens inverse temps d'excitation et rythme ([5]).

([4]) R. Lecoq, *Déséquilibres alimentaires, nutritifs et humoraux*, 2e édit., Paris, 1939.
([5]) P. Chauchard, *Les mécanismes de la régulation nerveuse des organes végétatifs*. Paris, 1939.

Au début de l'avitaminose B_1 du Rat, la phase d'excitation viscérale, inverse de celle qui s'observe ensuite, semble en rapport avec une légère hypoglycémie [6].

Le retentissement est très comparable sur tous les viscères; on peut noter toutefois une certaine électivité d'action; ainsi les organes sexuels et surtout la vésicule séminale sont davantage touchés par l'avitaminose E et cette atteinte est à l'origine des lésions spécifiques de la carence, troubles neuromusculaires et troubles sexuels en dérivant conjointement. L'avitaminose E agit dans le même sens que la progestérone ou la testostérone [7].

L'importance fonctionnelle de ces modifications d'excitabilité viscérale s'accroît du fait qu'elles influencent l'efficacité des nerfs intrinsèques : un raccourcissement des temps d'excitation sur le cœur comme sur l'intestin favorise le vague et entrave le sympathique, l'allongement ayant l'effet inverse (P. Chauchard). Il se confirme donc que les carences troublent l'équilibre végétatif et aboutissent, comme l'avait reconnu Lopez-Lomba [8], à des états de sympathicotonie ou de parasympathicotonie, modifiant le fonctionnement physiologique et la sensibilité pharmacologique des viscères.

A 17^h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

L'Académie, considérant que M. **Georges Claude** a eu une activité contraire à l'honneur et à l'intérêt de la Nation, décide de le rayer de la liste de ses Membres.

La séance est levée à $17^h 45^m$.

A. Lx.

---

(6) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **26**, 1944, p. 79.

(7) B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 723, et résultats inédits.

(8) J. Lopez-Lomba, *Thèse Doct. Sc. nat.*, Paris, 1923.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 SEPTEMBRE 1944 (1).

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture du message ci-dessous du Gouvernement Provisoire de la République :

Le Général de Gaulle à Monsieur le Président de l'Institut de France.

Paris, le 3 septembre 1944.

Monsieur le Président,

Le Gouvernement Provisoire de la République Française vous remercie des sentiments que l'Institut de France a bien voulu lui exprimer. Il compte sur le concours traditionnel des Cinq Académies de l'Institut de France pour l'assister dans l'œuvre de rayonnement de la culture française qui, à aucun moment de ces quatre années, n'a cessé de retenir l'attention du Gouvernement.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, les assurances de ma haute considération et de mes sentiments distingués.

C. de Gaulle.

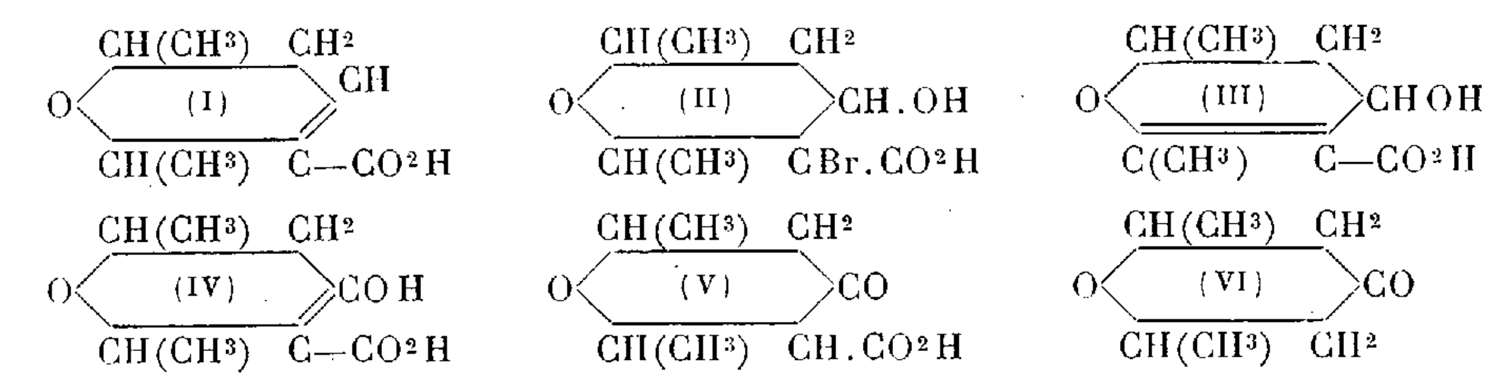
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la configuration de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 a*. Note de MM. **Marcel Delépine** et **Gaston Amiard**.

Dans un précédent travail (1), nous avons exposé nos tentatives de détermination de la situation respective des méthyles de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 ou acide diméthyl-2.6 dihydro-5.6 [pyran-1.2] carboxylique-3 (I), fusible à 91°,5, c'est-à-dire de l'acide dit *a* qui est le produit principal de l'oxydation de l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique. De l'obtention d'un époxy-2.6 heptane légèrement dextrogyre, $[\alpha]_D$ 0°,5, résultant de l'hydrogénation de l'époxyheptène très dextrogyre, $[\alpha]_D$ 49°, provenant lui-même de la décarboxylation de l'acide *a* dextrogyre, nous avions conclu

(1) La séance, comme les précédentes, est ouverte à 16^h30^m au lieu de 15^h.

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 309.

que les deux méthyles étaient en *trans*; mais, comme nous le faisions remarquer, il eût suffi qu'il restât 1/100 du dérivé hepténique non hydrogéné pour rendre la conclusion hasardeuse.



C'est pourquoi nous avons tenté d'aborder ce même problème par une autre voie. Delépine a montré, dès 1910, que de l'acide en question dérivait facilement un acide hydroxybromé $C^8H^{13}O^4Br$ (II), bien cristallisé et noté, sans plus, que le brome en est arraché quantitativement par ébullition avec des alcalis dilués ([2]). Nous complétons ce travail dans le sens suivant.

Si l'on admet la formule (II) pour le dérivé hydroxybromé, l'acide qui en résulte, par soustraction d'acide bromhydrique, sera (III) ou (IV). De ces deux acides, l'acide (IV) est tautomère de l'acide β-cétonique (V) et, à ce titre, doit perdre facilement CO^2 en se changeant en diméthyltétrahydropyrone (VI). C'est bien ce que l'on observe; l'acide hydroxybromé a donc perdu son acide bromhydrique dans le sens (II) → (IV).

Les expériences exécutées d'abord avec le racémique ont alors été répétées avec l'acide hydroxybromé actif, déjà décrit par Delépine et Willemart ([3]), en l'espèce avec l'acide lévogyre. Si les méthyles sont en *trans*, on doit aboutir à une diméthyltétrahydropyrone active. C'est ce que nous avons constaté. Là encore le pouvoir rotatoire est très petit, $[\alpha]_D + 1°,3$, mais, comme l'acide hydroxybromé d'origine était lévogyre, $[\alpha]_D - 88°,5$, que l'acide débromhydraté l'était aussi avec $[\alpha]_D - 77°$ (environ), nous avons eu cette fois la preuve que les deux méthyles étaient bien en *trans*. Par suite l'acide *b* F 94°, qui accompagne en petite quantité l'acide *a* ([4]), aurait ses deux méthyles en *cis* et l'aldéhyde primitif contiendrait les deux isomères possibles avec prédominance de la forme *trans* diméthylée. On va trouver quelques autres détails dans la partie expérimentale.

Acide d.l-époxy-2.6 heptanone-4 carboxylique-3, $C^8H^{12}O^4$ (IV). — Un gramme d'acide hydroxybromé est dissous dans 25^{cm^3} d'eau de baryte 0,35N (1^{mol},1 pour une d'acide) et la solution chauffée à reflux à l'ébullition pendant une heure. La consommation de baryte répond à l'équation

$$2\,C^8H^{13}O^4Br + 2(HO)^2Ba = (C^8H^{11}O^4)^2Ba + Br^2Ba + 4\,OH^2.$$

([2]) *Comptes rendus*, **150**, 1910, pp. 394 et 535; *Ann. chim. et phys.*, 8e série, **20**, 1910, p. 389.

([3]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 313.

([4]) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 413.

La solution, rendue acide par un excès d'acide chlorhydrique, est soumise à de nombreuses extractions à l'éther. L'éther séché, évaporé à petit volume, puis additionné d'éther de pétrole, dépose des cristaux qu'on purifie par passage dans un mélange éther-éther de pétrole (Rdt 88 %). On obtient ainsi des cristaux incolores, très solubles dans l'eau, l'alcool, l'éther, le benzène, le chloroforme, peu solubles dans l'éther de pétrole froid, mais s'y dissolvant bien à chaud, F 96° (bloc). Combustion : trouvé, C 56,0, H 7,05; calculé, C 5,58, H 7,02.

Cet acide ne décolore que lentement les solutions de brome et de permanganate. Il ne s'est pas hydrogéné, à la pression atmosphérique, en présence de nickel Raney, ni en présence de platine Adams.

d.l-diméthyltétrahydropyrone $C^7H^{12}O^2$ (VI). — Si l'on chauffe l'acide précédent à 100°, dans un tube scellé vide, on provoque un dégagement de gaz carbonique correspondant à une décomposition de 40 % environ, avec formation de diméthyltétrahydropyrone et d'une résine encore acide. La résinification est atténuée si l'on se contente de faire bouillir l'acide dissous dans 5 p. d'eau; il se produit un dégagement gazeux assez vif; après une demi-heure, la solution refroidie et rendue alcaline cède à l'éther de la diméthyltétrahydropyrone avec un rendement de 54 %. Celle-ci distille de 59 à 62° sous 14^{mm}, sous forme d'un liquide mobile, d'odeur agréable; d_4^0 0,9968; d_4^{14} 0,9856; n_D^{14} 1,447. D'où R. M. 34,75, alors que les formules cétonique et énolique exigent respectivement 33,98 et 35,03.

Nous avons préparé la semicarbazone $C^8H^{15}O^2N^3$ de notre dérivé hydropyronique; elle se présente en prismes obliques, fondant à 194-195° au bloc, à 185-186° au tube capillaire, assez solubles dans l'alcool méthylique, assez peu dans l'alcool éthylique, insolubles dans l'éther. N % trouvé 7,55 au lieu de 7,56. Borsche ([5]) a indiqué F 192°. L'oxime $C^7H^{13}O^2N$ est en cristaux incolores, solubles dans les alcools méthylique et éthylique et dans l'éther, plus solubles dans l'eau bouillante que dans l'eau froide, ce qui permet de la faire cristalliser aisément. F 93° (par chauffage progressif), alors que Borsche et Thiele ([6]) ont indiqué 82-83°.

Pour nous assurer que nous étions bien en présence de diméthyltétrahydropyrone, nous avons reproduit l'hydrogénation de la diméthylpyrone en présence de palladium colloïdal selon Borsche et avons obtenu le tétrahydrure passant à 63-66° sous 18^{mm}, avec les mêmes propriétés organoleptiques que pour le produit issu de l'aldéhyde dicrotonique. Sa semicarbazone et son oxime ont montré les mêmes points de fusion que ci-dessus, soit séparément, soit en mélange. Comme on va voir que la configuration *trans*-diméthylée convient au dérivé dicrotonique *a*, il en résulte que l'hydrogénation de la diméthylpyrone conduit ainsi au dérivé *trans*, à moins que, par une coïncidence peu probable, mais non impossible, tous ces corps, qu'ils soient *cis* ou *trans*, aient les mêmes points de fusion.

Composés actifs. — Les mêmes expériences ont été reproduites à partir de l'acide hydroxybromé lévogyre; l'acide cétone n'a pas cristallisé; il avait $[\alpha]_D - 77°$, dans l'eau (*c* 6,2 %); il a fourni, passant à 65° sous 20^{mm}, une diméthyltétrahydropyrone ayant les pouvoirs rotatoires suivants dans l'éther, *c* 15,4 % : $[\alpha]_{589} + 1°,3$; $[\alpha]_{546} + 1°,9$; $[\alpha]_{436}$ 2°,3.

La semicarbazone correspondante a fondu, comme la racémique, à 194-195° (bloc), 184-186° (chauffage progressif); dans l'alcool méthylique, *c* 4,5 %, elle a donné $[\alpha]_{589} + 2°$; $[\alpha]_{546}$ 2°,7.

([5]) *Ber. d. chem. Ges.*, **48**, 1915, p. 685.

([6]) *Ibid.*, **56**, 1923, p. 2014.

MICROBIOLOGIE. — *Le milieu de culture à base de digestion papaïnique de viande et l'obtention de ferments microbiens (protéases, amylases) à partir de germes divers, Bacille tétanique, B. subtilis etc.* Note de MM. **Gaston Ramon, Louis Nicol,** Mlle **Germaine Amoureux** et M. **Jacques Pochon.**

Nous avons mis au point, en 1941, un milieu de culture à base de digestion papaïnique de viande impropre à l'alimentation de l'Homme, et nous avons tout de suite adapté ce milieu à la production des toxines telles que les toxines diphtérique, tétanique, staphylococcique (1) destinées à l'obtention, en très grandes quantités, des anatoxines correspondantes, lesquelles sont utilisées dans la pratique généralisée des vaccinations préventives et dans l'anatoxithérapie. Un tel milieu, d'une préparation commode et très économique, surtout dans la période actuelle, donne, entre les mains des expérimentateurs qui l'emploient comme entre nos mains, des toxines et partant des anatoxines de valeur immunisante relativement élevée (2).

Pour les besoins de divers essais concernant les ferments que certains germes sont capables d'élaborer dans les bouillons de culture (3), nous avons été amenés à rechercher si notre milieu, à base de digestion papaïnique, peut être mis à profit pour l'obtention de ces ferments comme il l'est pour la production des toxines.

Nous avons pu nous rendre compte, en premier lieu, que le filtrat de la culture du bacille du tétanos en *bouillon papaïnique* contient bien, outre la toxine spécifique, le ferment gélatinolytique dont l'existence avait été signalée en 1925 par Dernby et Walbum (4). La formule de ce bouillon est, rappelons-le, la suivante (5) :

On mélange $4^{kg},500$ de viande de Cheval dégraissée et hachée, $1^{kg},100$ de foie de Cheval et 22^{l} d'eau; on porte à 50°. On ajoute 22^{g} de papaïne que l'on répartit, en agitant, dans la masse du mélange, puis on chauffe progressivement jusqu'à 85°, en l'espace d'une heure environ. On filtre à chaud sur papier. On vérifie le pH, qui doit être ajusté à pH 5,8. On répartit en flacons d'Erlenmeyer de 3^{l} à raison de 2^{l} par flacon, puis on additionne de 8^{g} de glucose et de $2^{g},5$ de caillots de sang desséché de Cheval par litre. On sème alors, dans chaque flacon, la souche appropriée de bacille tétanique. Après deux semaines de séjour à la température de 34°, on filtre sur bougie de porcelaine.

Le pouvoir gélatinolytique du filtrat est évalué à l'aide de la technique

---

(1) G. Ramon, Mlle G. Amoureux et J. Pochon, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 836; G. Ramon, J. Pochon et Mlle G. Amoureux, *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 1502; G. Ramon, Mlle G. Amoureux et J. Pochon, *Revue d'Immunologie*, **8**, 1942, p. 1.

(2) P. Sédallian, *Revue d'Immunologie*, **10**, 1944 (sous presse); Paul Bordet, de l'Institut Pasteur de Bruxelles, (communication personnelle).

(3) Voir à cet égard G. Ramon, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 253, 535 et 895.

(4) *Bioch. Zeitsch.*, **138**, 1925, p. 505.

(5) G. Ramon, Mlle G. Amoureux et J. Pochon, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 350.

précisée antérieurement ([6]) et qui consiste essentiellement à rechercher quelle est la plus petite dose de filtrat qui amène, en l'espace de 4 heures à 45°, la gélatinolyse de 1^{cm^3} de gélatine à 3 %. Cette dose représentant conventionnellement l'unité gélatinolytique. Dans ces conditions, le pouvoir gélatinolytique de nos filtrats oscille autour de 6 unités par centimètre cube, atteignant jusqu'à 12 et 15 unités ([7]). Ainsi, dans le milieu préparé comme il vient d'être indiqué, l'obtention de la gélatinase tétanique est de règle. Si dans certains filtrats son taux est parfois faible (2 unités), il n'est jamais nul, contrairement à l'opinion émise jadis par Dernby et Walbum, qui opéraient avec des milieux de culture tout à fait différents. Ajoutons que notre milieu permet d'éviter la concentration du filtrat, concentration dont récemment Hermann et F. Schultze ont été obligés de faire usage pour obtenir une gélatinase tétanique suffisamment active ([8]).

Dans une deuxième série de recherches, nous avons étudié la production, toujours en milieu à base de digestion papaïnique de viande, d'une part de la gélatinase, d'autre part de l'amylase, élaborées par certaines variétés de *B. subtilis*. Nous nous sommes servis, dans ce but, de la formule de bouillon que nous avons fait connaître pour l'obtention de la toxine diphtérique et que voici résumée ([9]) :

Quatre kilos de viande de Cheval sont mis dans 18^{l} d'eau. Le tout est porté à 50°. On ajoute 36^{g} de papaïne. On chauffe jusqu'à 85°, en l'espace d'une heure. On filtre sur papier mou. On amène à pH 8,4, après quoi le liquide est additionné de 5 % de levure fraîche de boulangerie, chauffé un quart d'heure à 90° et filtré sur papier dur. On ajoute 5 ‰ d'acétate de sodium et l'on répartit en ballons de Fernbach de 2^{l} sous le volume de 500^{cm^3} de liquide par ballon. On stérilise à l'autoclave à 112° pendant 30 minutes, puis on ajoute aseptiquement dans chaque ballon une solution stérile contenant $1^{g},25$ de glucose et 3^{g} de maltose [ce dernier pouvant être remplacé par 8^{g} d'extrait de malt commercial ([10])]. L'ensemencement est réalisé avec une souche de *B. subtilis* convenablement choisie. La culture est filtrée sur bougie de porcelaine au bout de 8 à 10 jours de végétation à l'étuve à la température de 35°. Le filtrat est alors examiné quant à son contenu en gélatinase et en amylase.

Le dosage du pouvoir gélatinolytique est effectué selon une technique analogue à celle que nous avons établie pour l'appréciation de la gélatinase du *B. tétanique*. Pour les filtrats obtenus dans les conditions indiquées et avec les

---

([6]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 253.

([7]) Signalons que les mêmes filtrats renferment par centimètre cube de 80000 à 150000 doses mortelles de poison tétanique (pour le Cobaye de 350^{g}), et que leur pouvoir antigène varie entre 25 et 50 unités de floculation.

([8]) *Zeitsch. f. Physiol. Chim.*, **274**, 1942, p. 157.

([9]) G. Ramon, Mlle G. Amoureux et J. Pochon, *Annales Institut Pasteur*, **68**, 1942, p. 161.

([10]) G. Ramon, J. Pochon, Mlle G. Amoureux et R. Richou, *C. R. Soc. Biol.*, **156**, 1942, p. 473.

souches utilisées, il suffit en général de 0,05 à 0^{cm^3},01 pour amener, après 4 heures à l'étuve à 45°, la gélatinolyse de 1^{cm^3} de gélatine à 3 %. D'après la convention que nous faisons intervenir en pareil cas, les filtrats titrent donc de 20 à 100 unités gélatinolytiques par centimètre cube.

Pour apprécier le pouvoir amylolytique des filtrats de *B. subtilis*, on prépare une série de tubes renfermant 1^{cm^3} d'une solution à 2 % d'amidon soluble et des quantités variables de filtrat. Après un contact de 4 heures à l'étuve à 45°, on ajoute une ou deux gouttes de solution iodo-iodurée de Gram. Dans les tubes où l'amidon n'est pas hydrolysé, la coloration est bleue; au fur et à mesure de la formation d'érythrodextrine, la coloration est d'abord violette, puis rouge lorsque l'érythrodextrine existe seule. Le mélange est incolore quand l'amidon est transformé totalement en achroodextrine et en maltose. La plus petite dose de filtrat qui en 4 heures à 45° hydrolyse 1^{cm^3} d'amidon à 2 %, et donne, de ce fait avec la solution de Gram un mélange incolore, représente, conventionnellement pour nous, l'unité amylolytique. Les filtrats obtenus dans les conditions de nos essais titrent de 2 à 30 unités au centimètre cube [11].

De l'ensemble de nos essais, il ressort que le milieu à base de digestion papaïnique de viande, par exemple de viande impropre à l'alimentation de l'Homme, convient pour la production des ferments microbiens, sous la réserve de l'emploi, pour la préparation de ce milieu, de formules spécialement adaptées aux différentes sortes de ferments. De même qu'il fournit des toxines de haute valeur antigène, de même notre milieu permet d'obtenir des ferments microbiens possédant une activité diastasique appréciable.

M. **Auguste Chevalier** fait connaître à l'Académie les pertes considérables subies par les collections scientifiques de l'*Université de Caen* du fait des événements de guerre.

M. **Charles Jacob** donne lecture d'une lettre qu'il a reçue à ce sujet de M. Alexandre Bigot, Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les équations de l'hydrodynamique des fluides visqueux et la notion de fluide incompressible en relativité générale.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait qu'en hydrodynamique classique les mouvements irrotationnels des fluides incompressibles visqueux coïncident avec ceux des fluides parfaits.

---

(11) Une amylase d'orge ayant un titre de 100 unités, selon la technique du *Codex*, offre selon notre technique un titre de 2500 à 3000 unités.

Je me propose, dans la présente Note, d'indiquer ce qui semble être la généralisation la plus naturelle des équations de Navier et d'étudier dans quelle mesure le résultat classique que je viens de rappeler s'étend à l'hydrodynamique relativiste. J'utiliserai ici les notations de mes travaux antérieurs (1); en particulier :

u_α désigne le vecteur-vitesse unitaire,

$F = \exp. \int_{p_0}^{p} \frac{dp}{\rho + p}$, l'indice du fluide,

$C_\alpha = F u_\alpha$ le vecteur-courant (2). Ce vecteur admet dans la métrique d'Eisenhart $\overline{ds^2} = F^2 ds^2$, les composantes contravariantes $\overline{C^\alpha} = F^{-1} u^\alpha$.

I. Dans un milieu admettant la métrique $ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$, introduisons la déformation infiniment petite définie par le vecteur V_α. Le milieu déformé ayant pour métrique ds_1^2, la partie principale de $ds_1^2 - ds^2$ s'écrit

$$(\nabla_\alpha V_\beta + \nabla_\beta V_\alpha)\, dx^\alpha dx^\beta.$$

Il en résulte qu'à la déformation correspondent les fonctions caractéristiques

$$\tau_{\alpha\beta} = \frac{1}{2}(\nabla_\alpha V_\beta + \nabla_\beta V_\alpha).$$

Ceci étant posé, considérons un fluide visqueux que *nous caractérisons par sa métrique d'Eisenhart*. La déformation infiniment petite est définie par le vecteur $C_\alpha \overline{ds}$, de sorte que la vitesse de déformation du fluide a pour composantes

$$\gamma_{\alpha\beta} = \frac{1}{2}(\overline{\nabla}_\alpha C_\beta + \overline{\nabla}_\beta C_\alpha),$$

où $\overline{\nabla}_\alpha$ désigne l'opérateur de dérivation covariante dans $\overline{ds^2}$. On en déduit aisément l'expression correspondante du tenseur d'énergie

$$T_{\alpha\beta} = (\rho + p) u_\alpha u_\beta - (p - \lambda F^2 \overline{\nabla}_\rho \overline{C^\rho}) g_{\alpha\beta} + 2\mu \gamma_{\alpha\beta}, \tag{1}$$

où λ et μ désignent deux scalaires caractérisant le fluide. Celui-ci sera dit normal si $\lambda = 0$. En exprimant que le tenseur $T_{\alpha\beta}$ est conservatif, on obtient le système différentiel aux lignes de courant

$$(\rho + p) u^\alpha \nabla_\alpha u_\beta = (g_\beta^\alpha - u^\alpha u_\beta)\left[\partial_\alpha p - \lambda\, \partial_\alpha (F^2 \overline{\nabla}_\rho \overline{C^\rho}) - 2\mu \nabla_\rho \gamma_\alpha^\rho\right], \tag{2}$$

qui généralise le système des équations de Navier.

II. Du fait de certaines difficultés, plusieurs définitions de l'incompressibilité se trouvent en présence en hydrodynamique relativiste. Je n'ai personnellement

(1) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 58, 1941, p. 285-304; 60, 1943, p. 247-288.

(2) Cf. Synge, *Proc. London Math. Soc.*, 2e série, 43, 1937, p. 385.

utilisé que l'une ou l'autre des suivantes : un fluide est dit incompressible A [3] si $\nabla_\rho u^\rho = 0$; il est dit incompressible B si $\nabla_\rho C^\rho = 0$. Considérons un fluide visqueux normal sur lequel nous faisons les deux hypothèses suivantes :

a. il est incompressible B ($\nabla_\rho C^\rho = 0$);

b. il est en mouvement irrotationnel ($\nabla_\alpha C_\beta - \nabla_\beta C_\alpha = 0$).

Par un calcul facile, mais un peu long, on en déduit les relations

$$\nabla_\rho \gamma^\rho_\alpha = \left[\frac{1}{2}R + \chi\rho - \Delta_2(\log F)\right] C_\alpha;$$

par suite le système différentiel (2) prend la forme simple

$$\overline{C^\alpha \nabla_\alpha} C_\beta = 0.$$

THÉORÈME. — *Dans le mouvement irrotationnel d'un fluide visqueux, normal, incompressible* B, *comme dans le mouvement d'un fluide parfait, les lignes de courant sont géodésiques de la métrique d'Eisenhart.*

Il en est encore de même si au lieu de supposer le fluide normal, on suppose la pression constante le long des lignes de courant.

III. Dans le cas d'un fluide parfait, la définition B de l'incompressibilité conduit à la relation

$$\rho - p = \text{const.} \quad \text{(le long des lignes de courant)}.$$

Dans un tel fluide, supposé homogène, la vitesse de propagation d'une onde est égale à celle de la lumière, ce qui est tout à fait satisfaisant.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Extrémales d'une intégrale de surface* $\iint g(p, q)\,dx\,dy$. Note de M. **Paul Belgodère**, présentée par M. Élie Cartan.

Appelons surface indicatrice des aires l'enveloppe, lorsque p et q varient, du plan

$$\text{(P)} \qquad Z = pX + qY - g(p, q).$$

L'élément d'intégration $g\,dX\,dY$ est alors mesuré par le volume d'un cylindre, dont une base est située dans le plan

$$Z = pX + qY,$$

et se projette suivant l'élément $dX\,dY$, et dont l'autre base est située dans le plan (P). L'indicatrice des aires est donc intrinsèquement liée à la géométrie

(3) Cette définition a été utilisée par Schwarzschild et Synge; elle a été indiquée par van Dantzig (*Nederl. Akad. Wet. Proc.*, 43, 1940, pp. 609-618).

considérée, dans tout changement de coordonnées curvilignes dont le déterminant fonctionnel est égal à 1.

Le point de contact N

$$X = g'_p, \qquad Y = g'_q, \qquad Z = pX + qY - g(p, q)$$

de (P) avec son enveloppe donne une interprétation de la pseudonormale ON à l'élément de contact x, y, z, p, q, déjà considérée par É. Cartan et G. Choquet.

Dans le cas particulier où $g(p, q)$ ne dépend pas de x, y, les surfaces extrémales de l'intégrale de surface correspondent par plans tangents parallèles à l'indicatrice des aires *avec conjugaison des asymptotiques*, car les asymptotiques de l'indicatrice sont données par

$$g''_{q^2}\, dX^2 - 2g''_{pq}\, dX\, dY + g''_{p^2}\, dY^2 = 0,$$

alors que la condition d'extremum est

$$rg''_{p^2} + 2sg''_{pq} + tg''_{q^2} = 0.$$

Les propriétés de l'indicatrice des aires (à laquelle on peut faire subir une homothétie ou une translation arbitraires) caractérisent les surfaces extrémales. Si l'indicatrice est un hélicoïde droit, les surfaces extrémales sont les surfaces moulures dont le plan du profil générateur reste vertical. Si l'indicatrice est une courbe, les surfaces extrémales sont des surfaces réglées dont les génératrices sont parallèles aux tangentes de la courbe. Si l'indicatrice est une sphère, une quadrique à centre ou un paraboloïde, les extrémales sont les surfaces minima ordinaires ou celles qui s'en déduisent par affinité ou dégénérescence. La propriété pour les surfaces minima ordinaires de porter des faisceaux *isothermes* d'asymptotiques (l'isothermie pouvant être considérée, du point de vue topologique, par le fait que les asymptotiques d'un faisceau possèdent la *propriété de l'hexagone* par rapport aux courbes de longueur nulle) donne comme cas limite, par affinité et dégénérescence d'une quadrique à centre en un paraboloïde, que les surfaces représentatives de fonctions harmoniques (z fonction harmonique de x et y), extrémales de $\iint (p^2 + q^2)\, dx\, dy$, ont leurs asymptotiques qui se projettent sur le plan x, y suivant une famille isotherme. Ces propriétés d'isothermie ne s'étendent d'ailleurs pas au cas le plus général des extrémales d'une expression $g\, dx\, dy$.

Deux surfaces ne peuvent être surfaces extrémales d'une même expression inconnue (fonction de p, q seulement) que si elles satisfont à une certaine condition de compatibilité; il doit exister une troisième surface indicatrice dont les directions d'asymptotiques dans chaque direction de plan tangent sont connues (conjuguées communes par rapport aux deux couples de directions d'asymptotiques des surfaces données).

Le développement de ces différents résultats fera l'objet d'une publication ultérieure.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes dans le cercle unité et couvrant une aire bornée.* Note [1] de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Lemme. — *Soit une fonction $w=f(z)$ holomorphe dans $|z|<1$ et représentant biunivoquement ce cercle sur un domaine riemannien d'aire finie s. La longueur l de l'arc de courbe du plan des w correspondant au segment $(-r, +r)$ de l'axe réel du plan des z satisfait à l'inégalité*

$$l < k\sqrt{s \log\frac{1+r}{1-r}},$$

où k désigne une constante numérique.

Pour établir ce résultat [2], nous ferons, avec correspondance des axes réels, la représentation conforme sur la couronne $\rho_0<|\zeta|<1$ du domaine doublement connexe obtenu en fendant le cercle $|z|<1$ suivant le segment $(-r, +r)$. La fonction $w=f(z)$ devient ainsi une fonction $w=F(\zeta)$ définie dans la couronne. Soit $l(\rho)$ la longueur de la courbe fermée du plan des w correspondant à $|\zeta|=\rho$. La relation de Gauss, appliquée à la fonction sous-harmonique $|F'(\zeta)|$ relativement au domaine $\rho'<|\zeta|<\rho$, montre aussitôt que

$$\rho\frac{d}{d\rho}\left(\frac{l(\rho)}{\rho}\right)=\rho\int_{|\zeta|=\rho}\frac{d}{d\rho}|F'(\zeta)|\,d\theta$$

est une fonction croissante de ρ. Cette fonction s'annule pour $\rho=\rho_0$; elle est donc positive pour $\rho>\rho_0$. D'où

$$l(\rho)>2l. \tag{1}$$

Soit alors $s(\rho)$ l'aire du domaine riemannien du plan des w correspondant à $\rho_0<|\zeta|<\rho$. On a

$$l^2(\rho)\leqq 2\pi\rho\frac{ds(\rho)}{d\rho}.$$

En utilisant la relation (1) et intégrant entre ρ_0 et 1, on en déduit une borne supérieure de l. Il ne reste plus qu'à évaluer ρ_0 en fonction de r. Pour cela on représente conformément le demi-plan $\mathcal{I}z>0$ sur le rectangle

$$-\log\frac{1}{\rho_0}<\mathcal{R}Z<\log\frac{1}{\rho_0}, \qquad 0<\mathcal{I}Z<\pi,$$

le côté vertical gauche de celui-ci correspondant au segment $(-r, +r)$, le

---

(1) Séance du 16 août 1944.

(2) On obtiendrait un résultat plus précis en utilisant le développement de $f(z)$ en série de puissances. Mais la démonstration indiquée dans le texte prépare l'étude des fonctions méromorphes que nous faisons à la fin de la présente Note.

côté vertical droit au *segment* formé par la réunion des deux demi-droites $[(1/r), +\infty]$, $[-\infty, -(1/r)]$. La fonction $\zeta = e^{Z(z)}$, convenablement prolongée, réalise la représentation conforme du cercle fendu sur la couronne. Un calcul immédiat montre qu'au voisinage de $r=1$, on a

$$\frac{4}{\pi}\log\frac{1}{\rho_0} \sim \frac{\pi}{\log\dfrac{1+r}{1-r}},$$

ce qui achève la démonstration.

THÉORÈME 1. — *Soit, définie pour $t>0$, une fonction $h(t)$ monotone, positive, tendant vers zéro avec t et telle que*

$$\int_0 \sqrt{\frac{h(t)}{\log\frac{1}{t}}}\,\frac{dt}{t} < \infty. \qquad (2)$$

Si l'aire décrite par $w=f(z)$ lorsque z décrit la partie du cercle unité intérieure à $|z-1|<t$ est inférieure à $h(t)$, la courbe décrite par w lorsque z décrit le rayon $(0, 1)$ est de longueur finie.

Considérons en effet les points P_n d'affixes $z_n = 1-(1/2)e^{-e^n}$. Dans le cercle de centre P_n et de rayon $1-z_n$ et relativement au segment P_nP_{n+1}, nous pouvons appliquer le lemme et trouver ainsi une borne supérieure de l'arc de courbe correspondant au segment P_nP_{n+1}; d'où $\Sigma l_n < \infty$.

Ce théorème permet de préciser un résultat dû à Mlle Ferrand (³) :

THÉORÈME 2. — *Soient $w=f(z)$ satisfaisant aux hypothèses du lemme et $h(t)$ vérifiant les conditions énoncées dans le théorème 1. Pour chaque point $e^{i\theta}$ de la circonférence unité, exception faite d'un ensemble de h-mesure nulle, la longueur de l'arc de courbe du plan des w correspondant au segment rectiligne $(re^{i\theta}, e^{i\theta})$ du plan des z est égale à*

$$o\left[\int_0^1 \sqrt{\frac{h[2(1-r)t]}{\log\frac{1}{t}}}\,\frac{dt}{t}\right].$$

On obtient (après une extension convenable du lemme) une limitation analogue si, au lieu du rayon aboutissant au point $e^{i\theta}$, on envisage un arc de courbe aboutissant en ce point et présentant une tangente qui varie continûment et tend vers une position limite non orthogonale au rayon.

Les théorèmes 1 et 2 peuvent s'étendre aux fonctions méromorphes à condition de remplacer *aire s* et *longueur l* par *aire sphérique* S et *longueur sphérique* L, la variable w étant maintenant représentée sur la sphère de Riemann.

Le lemme ne peut être appliqué directement, mais on a encore, avec des

(³) *Annales Éc. Norm. Sup.*, 59, 1942, pp. 43-106, Chap. I.

notations qui se comprennent d'elles-mêmes,

$$L^2(\rho) < 2\pi\rho \frac{dS(\rho)}{d\rho}.$$

Par conséquent il existe une valeur ρ pour laquelle

$$L(\rho) < \sqrt{\frac{2\pi S}{\log \frac{1}{\rho_0}}} < 2k\sqrt{S \log \frac{1+r}{1-r}}.$$

Au segment $P_n P_{n+1}$ correspond donc un arc de longueur L_n, avec $\Sigma L_n < \infty$, ce qui démontre le théorème 1. Le théorème 2 s'en déduit aussitôt.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Sur les fréquences propres des arbres vibrant en torsion.* Note de M. **Georges Lehr**, transmise par M. Émile-Georges Barrillon.

J'ai montré [1] qu'on peut former l'équation aux carrés des fréquences propres d'un arbre vibrant en torsion, en calculant une suite de polynomes par la loi de récurrence

$$(1) \qquad F_{2N-3} = xF_{2N-4} - s_{2N-3}F_{2N-5}, \qquad F_{2N-2} = F_{2N-3} - s_{2N-2}F_{2N-4},$$

dont la forme dépend de la parité du rang des polynomes [2]. On en déduit les propriétés suivantes :

1. Rangeons les racines de chaque polynome dans l'ordre des grandeurs croissantes et appelons $r_{n,m}$ la $m^{\text{ième}}$ racine du polynome F_n. Il résulte de la loi de récurrence et des changements de signe des polynomes que leurs racines se classent comme il est indiqué au tableau suivant :

F_1.....	–	–	–	$r_{1,1}$	–	–	–	–	–	–	–
F_2.....	–	–	–	–	$r_{2,1}$	–	–	–	–	–	–
F_3.....	–	–	$r_{3,1}$	–	–	$r_{3,2}$	–	–	–	–	–
F_4.....	–	–	–	$r_{4,1}$	–	–	$r_{4,2}$	–	–	–	–
F_5.....	–	$r_{5,1}$	–	–	$r_{5,2}$	–	–	$r_{5,3}$	–	–	–
F_6.....	–	–	$r_{6,1}$	–	–	$r_{6,2}$	–	–	$r_{6,3}$	–	–
F_7.....	$r_{7,1}$	–	–	$r_{7,2}$	–	–	$r_{7,3}$	–	–	$r_{7,4}$	–
F_8.....	–	$r_{8,1}$	–	–	$r_{8,2}$	–	–	$r_{8,3}$	–	–	$r_{8,4}$
.....											

Ce tableau classe uniquement les racines appartenant à trois polynomes consécutifs d'ailleurs quelconques, mais ne classe pas les racines séparées par un intervalle plus grand, racines qui dans une même colonne ne sont généralement pas égales.

---

(1) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 421.

(2) Dans la Note précitée, l'expression de F_{2N-2} est entachée d'une erreur typographique.

Le rang d'une racine étant égal au degré (nombre de nœuds) de la vibration correspondante, on en déduit qu'*en ajoutant une masse et son tronçon à un système donné, on abaisse la valeur de la fréquence propre de chaque degré et l'on introduit une fréquence nouvelle, supérieure à la fréquence la plus haute du système primitif*.

2. Lorsqu'on fait varier de zéro à l'infini une des masses extrêmes du système, sans toucher aux autres ni aux tronçons, les fréquences des divers degrés décroissent en restant comprises entre deux limites. Les champs de variation des diverses fréquences ne se recoupent pas, de sorte qu'une fréquence de degré donné ne peut jamais descendre jusqu'à la limite supérieure de la fréquence de degré immédiatement inférieur. Par suite, *il existe des valeurs que les fréquences propres d'un système ne peuvent jamais prendre quand on se borne à faire varier une masse extrême*. Par exemple, on ne peut abaisser la plus basse fréquence au-dessous d'une certaine limite. Par contre on peut élever, autant qu'on le désire, la plus haute fréquence.

3. *Lorsqu'on ajoute à un système une masse et son tronçon, le nouveau système ne peut avoir aucune fréquence commune avec l'ancien*. Ceci résulte de l'impossibilité d'avoir une racine commune à deux polynomes dont les indices ne diffèrent que de 2, sinon cette racine serait commune à tous les polynomes de la suite, chose impossible, car F_1 et F_2 ne peuvent s'annuler pour la même valeur de x.

4. Par contre, lorsque les indices de deux polynomes diffèrent de plus de 2, ils peuvent avoir une racine commune. Supposons que $F_{2q}(a)=0$ et cherchons la condition pour que $F_{2p}(a)=0$, p étant supérieur à $q+1$. On trouve, par les relations de récurrence,

$$F_{2p}(a)=F_{2q+1}(a)\times F_{2q+3,\,2p}(a), \tag{2}$$

en appelant $F_{2q+3,\,2p}$ un polynome formé comme F_{2p} mais en partant de s_{2q-3} au lieu de s_1. Comme $F_{2q+1}(a)\neq 0$, il faut que $F_{2q+3,\,2p}(a)=0$, ce qui signifie que le système formé par les $p-q$ dernières masses doit admettre la fréquence $\sqrt{a}$. *Quand, à un système admettant la fréquence propre $\sqrt{a}$, on ajoute un certain nombre de masses, le système ainsi formé n'admet la fréquence $\sqrt{a}$ que si le système constitué par l'ensemble des masses additionnelles admet aussi cette fréquence*.

5. Il est remarquable que la rigidité du tronçon qui relie les deux systèmes partiels puisse être quelconque. On peut, en particulier, la supposer infinie, c'est-à-dire admettre que la première masse du second système coïncide avec la dernière masse du premier. Supposons en outre qu'il y ait seulement deux masses additionnelles. Pour qu'elles admettent la fréquence $\sqrt{a}$, il faut que $s'_1+s'_2=a$, en appelant s'_1 et s'_2 les carrés des fréquences propres individuelles de ces masses. Si l'on choisit $s'_2>a$, s'_1 doit être négatif, ce qui conduirait à une masse négative. Une telle masse n'existe pas, mais, dans l'hypothèse où

il y a coïncidence entre les masses, le signe de s'_1 signifie qu'il faut retrancher de la matière. On peut imaginer s'_2 choisi de telle sorte qu'il faille retrancher la totalité de la matière. Le nouveau système a, dans ces conditions, le même nombre de masses que l'ancien; il admet, comme lui, la fréquence $\sqrt{a}$, mais il en diffère par la grandeur m_p de la dernière masse et la rigidité c_{p-1} du dernier tronçon. Comme on le voit aisément, *la condition nécessaire et suffisante pour que la fréquence $\sqrt{a}$ soit commune aux deux systèmes est que l'expression* $K=(1/m_p)-(a/c_{p-1})$ *ait même valeur dans chacun d'eux.* Le degré de cette fréquence est alors le même. Dans le cas où le premier système admet seul la fréquence $\sqrt{a}$, la fréquence de même degré du second système est supérieure ou inférieure à $\sqrt{a}$, selon que la valeur de K dans le second système est supérieure ou inférieure à sa valeur dans le premier.

S'il existe un nœud entre les masses m_p et m_{p-1}, on peut remplacer m_p et le tronçon qui la joint au nœud, par une masse infinie placée au nœud. La position du nœud est donc définie par $1/\gamma_{p-1}=-(K/a)$, γ_{p-1} étant la rigidité du tronçon compris entre le nœud et m_{p-1}; par suite, il est nécessaire que $K<0$, autrement dit, *la fréquence propre de la vibration doit être supérieure à la fréquence propre individuelle de la masse extrême.* Si $K>0$, il n'y a pas de nœud entre m_p et m_{p-1}, et l'on peut remplacer m_p par une masse égale à $1/K$ coïncidant avec m_{p-1}. Le même calcul, appliqué au nouveau système, montre s'il existe ou non, pour la fréquence $\sqrt{a}$, un nœud entre m_{p-1} et m_{p-2}, et ainsi de suite.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Catalyse de l'insolubilisation photochimique du soufre.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse, Christian Pinazzi** et **Jean Baget**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant constaté chez le rubrène des propriétés catalytiques pour la formation photochimique du soufre insoluble [2], nous avons recherché la même propriété chez de nombreux composés organiques, 60 au total. Un petit nombre seulement d'entre eux se sont montrés notablement actifs, aucun d'ailleurs ne dépassant le rubrène; ce sont : diphényl-9.10naphtacène, diphényl-9.11 naphtacène, triphényl-9.10.11naphtacène, *bis* (*p*-bromophényl)-9.11diphényl-10.12naphtacène, *bis* (*p*-bromophényl)-9.11diphényl-10.12dibromo-2.6 naphtacène, tétra(*p*-bromophényl)-9.10.11.12dibromo-2.6naphtacène, diphényl-9.11dinaphtyl-10.12naphtacène, dixényl-9.11diphényl-10.12naphtacène, tétraphényl-2.6.10.12dixényl-9.11naphtacène, tétraphényl-1.4.9.10anthracène, pérylène et diphényl-2.5benzo-3.4thiofène (diphénylisobenzothiofène). On y trouve ainsi, en dehors de dix naphtacènes (rubrène compris), un anthracène et deux corps de structures très différentes, pérylène et surtout diphénylisobenzothiofène.

---

(1) Séance du 28 août 1944.

(2) Ch. Dufraisse, Chr. Pinazzi et J. Baget, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 759.

Les corps dont l'action accélératrice s'est montrée faible ou nulle ont été :

Naphtacène, dichloro-9.11-diphényl-10.12naphtacène, dicarboxéthyl-9.11diphényl-10.12naphtacène, iodo-9-triphényl-10.11.12naphtacène, carboxéthyl-9triphényl-10.11.12 naphtacène, diphényl-9.11*bis*(méthoxy-4′phényl)-10.12naphtacène, phénylène-9.12diphényl-10.11naphtacène, diphénylène-9.12.10.11naphtacène, diphényl-9.10diphénylène-9.12.10.11dihydro-9.10naphtacène, diphényl-9.10tétrahydro-1.2.3.4naphtacène, dihydroxy-11.12naphtacènequinone (isoéthinediphtalide), diphényl-9.10benzanthracène-1.2, diphényl-9.10tétraméthylène-1.2anthracène, anthracène, diphényl-1.4anthracène, diphényl-9.10anthracène, di-α-naphtyl-9.10anthracène, di-β-naphtyl-9.10anthracène, diméthoxy-1.4diphényl-9.10anthracène, dianthranyle-9.9′, diphényl-10.10′dianthranyle-9.9′, diphénylène-1.9.4.10anthracène (rubicène), phénanthrène, diphényl-9.10phénanthrène, naphtalène, diphényl-1.4naphtalène, oxyde de dinaphtylène, dibenzoylène-1.2.3.4naphtalène, diphénylfulvène, fluorène, fluorénone, α-coumaranone, β-coumaranone, α-β-coumaranedione, diphényl-2.5benzo-3.4furan (diphénylisobenzofuran), xanthone, fluorescéine, acridine, phényl-9acridine, diphénylméthane, benzophénone, triphénylméthane, lin.tétraphényle, diphénylamine, hydroquinone, carotène-β. Il faut enfin ajouter le pentacène, dont la solubilité est très faible.

Ces essais représentent une première prospection déjà assez étendue parmi les structures et les agencements que l'on pouvait supposer aptes à intervenir dans le phénomène. Quelques observations s'en dégagent.

Tout d'abord l'enchaînement des acènes paraît le plus favorable à la catalyse, puisque douze des treize corps actifs sont des dérivés acéniques, le pérylène étant à considérer lui-même comme un anthracène compliqué d'une double cyclisation en 1.9 et 5.10. Cependant la structure est incontestablement insuffisante par elle-même puisque, d'une part, de nombreux naphtacènes et anthracènes sont dépourvus de la propriété catalytique et que, d'autre part, le diphénylisobenzofuran est inactif contrairement à son analogue thiofénique. En conséquence, sans être déterminante, la structure doit avoir un effet notable, comme le montre, en dehors du groupement des principaux corps actifs autour de la structure acénique, l'inactivité d'autres structures variées.

Ni le profil du spectre d'absorption, ni sa position ne paraissent avoir d'influence, puisque le spectre du dichlorodiphénylnaphtacène, corps inactif, est presque superposable à celui du rubrène, le plus actif des catalyseurs.

D'autre part il figure dans la liste ci-dessus quelques fonctions ; il est à noter qu'aucune ne paraît être activante, pas même le carbonyle, pourtant connu comme photoactif pour certaines réactions d'oxydation.

Un facteur peut-être plus influent que la structure pourrait être la fluorescence. Mais, ici encore, rien d'absolument tranché ne s'est manifesté. Bien qu'actif, le tétraphénylanthracène n'est pas fluorescent en CS^2 et, d'autre part, plusieurs corps inactifs sont fluorescents dans le même milieu. Un motif plausible de mettre en cause la fluorescence serait l'action extinctrice, faible mais nette, qu'exerce sur elle le soufre, et que l'oxygène possède aussi à un certain degré, comme on le sait déjà.

De nouvelles expériences sont nécessaires pour suggérer un mécanisme de cette catalyse et voir, en particulier, si elle a quelque relation avec le phénomène de la photooxydation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Photooxydes de mésodiphénylanthracènes méthylés.* Note [1] de Mlle **Marie-Thérèse Mellier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Quand il est en position α sur le mésodiphénylanthracène, le méthyle trouble la photooxydation et la dissociation des photooxydes obtenus, tout en abaissant la température d'émission de l'oxygène, c'est-à-dire en le rendant un peu plus mobile [2]. Pour voir quelle est son action en β, nous étudions ici la photooxydation du mésodiphénylanthracène diméthylé-2.3. Nous recherchons, en second lieu, quelle est l'influence d'un deuxième groupement en 4 (chlore ou méthoxyle) sur l'état de labilité de l'oxygène dans le photooxyde méthylé-1.

Le photooxyde diméthylé-2.3, que l'on obtient avec un rendement de 90 % par insolation, 1 heure environ, d'une solution à 1 °/₀₀ de l'hydrocarbure correspondant dans le sulfure de carbone, est un produit blanc-neige qui cristallise dans le sulfure de carbone en prismes incolores. Il se dissocie à la température normale (180°), en dégageant de l'oxygène pur avec un rendement de 90 % et en régénérant l'hydrocarbure initial inaltéré. De même que le photooxyde méthylé en 2 [3], il se comporte comme s'il n'y avait pas de méthyles. Ceci est une preuve en faveur de l'hypothèse précédemment émise [2], que l'influence des méthyles en α serait due à une cause de nature stérique (présence des mésophényles voisins). Cet empêchement stérique n'existe plus lorsque les méthyles sont en β. Considérons, à présent, l'influence conjuguée du méthyle et du chlore d'une part, du méthyle et du méthoxyle d'autre part : les mésodiphénylanthracènes méthylé-1 chloré-4 et méthylé-1 méthoxylé-4, comme dans le cas des hydrocarbures méthylé-1 et diméthylé-1.4 étudiés précédemment [2], ne se photooxydent pas simplement, en solution sulfocarbonique à 1 °/₀₀, car ils se résinifient vite à la lumière; les rendements en photooxyde purifié sont aussi médiocres (25 %).

Le photooxyde méthylé-1 chloré-4 est un produit blanc légèrement jaune, cristallisé; il se dissocie à température plus élevée que dans le cas des photooxydes méthylé-1 et diméthylé-1.4 (190° au lieu de 170°) et donne un rendement en oxygène de 77 % (au lieu de 60 %). On voit ici que l'influence stabilisante du chlore en α [4] sur l'oxygène du photooxyde l'emporte sur l'influence mobilisante du méthoxyle.

---

(1) Séance du 28 août 1944.

(2) Ch. Dufraisse, M.-T. Mellier et G. Ragu, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 121.

(3) Duveen et Willemart, *Chem. Soc.*, **116**, 1939, p. 1.

(4) M.-T. Mellier, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 188.

Il était particulièrement intéressant d'étudier l'influence conjuguée de deux radicaux mobilisants [méthyle et méthoxyle ([5])], situés dans les positions les plus favorables (positions 1.4); à cet effet nous avons préparé le photooxyde méthylé-1 méthoxylé-4; c'est un produit blanc légèrement jaune, cristallisé; à 180°, il se décompose brusquement; il ne dégage que peu d'un gaz ne contenant que 3 % d'oxygène par rapport à celui qui avait été fixé, accompagné de la moitié environ d'anhydride carbonique; dans les résidus de décomposition nous avons pu identifier, au milieu de résines, le corps anthracénique initial, en quantités largement supérieures à celles qui correspondraient à une dissociation de 3 %, ce qui prouverait qu'une partie de l'oxygène libéré s'est fixée sur les molécules voisines. Ainsi, au lieu d'accentuer, comme le fait un deuxième méthoxyle, l'action mobilisante du méthoxyle en 1 sur l'oxygène ([6]), le méthyle trouble complètement la dissociation; le photooxyde méthylé-1 méthoxylé-4 se comporte à peu près comme un anthracène dépourvu d'aryle en méso ([7]), ce qui n'a pas encore été observé chez les mésodiarylanthracènes étudiés jusqu'ici.

Les trois corps anthracéniques ont été préparés par la méthode usuelle : phénylation de l'anthraquinone correspondante et réduction par IH du diquinol formé. On a obtenu par cette voie le dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 diméthyl-2.3 anthracène, $C^{28}H^{24}O^2$, cristaux incolores, F inst. 228,5-229°; le diphényl-9.10 diméthyl-2.3 anthracène, $C^{28}H^{22}$, cristaux jaunes, F inst. 251-252°; le dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 méthyl-1 chloro-4 anthracène, $C^{27}H^{21}O^2Cl$, cristaux incolores, F inst. 250,5-251°,5; le diphényl-9.10 méthyl-1 chloro-4 anthracène, $C^{27}H^{19}Cl$, cristaux jaunes, F inst. 177,5-178°; le dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 méthyl-1 méthoxy-4 anthracène, $C^{28}H^{24}O^3$, cristaux incolores, F inst. 215,5-216°; le diphényl-9.10 méthyl-1 méthoxy-4 anthracène, $C^{28}H^{22}O$, cristaux jaunes, F inst. 187-188°.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches éruptives et métamorphiques bretonnes* (*feuille de Pontivy*). Note de Mme **Élisabeth Jérémine**.

J'ai accompagné en été 1943 M. P. Pruvost et Mlle D. Le Maître dans leurs courses pour la révision de la feuille géologique de Pontivy. Je présente dans cette Note les résultats de mes observations. Mon étude se limite à la partie nord et nord-est de la feuille.

Granite. — Le massif cristallin entre Uzel et Plessala est constitué sur sa

(5) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942, p. 171.

(6) Ch. Dufraisse, L. Velluz et R. Demuynck, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 111.

(7) Ch. Dufraisse et M. Gérard, *ibid.*, 201, 1935, p. 428; A. Willemart, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1928, p. 556; Ch. Dufraisse et R. Priou, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 127.

bordure ouest par un granite intact à biotite ou à deux micas, à feldspath alcalin, accompagné de plagioclase; il devient, à mesure que l'on s'éloigne vers l'Est, de plus en plus écrasé; en outre, on constate près de Gausson et près de Plouguenast un changement important de la composition : la roche à faciès de granite se révèle dépourvue de feldspath alcalin, mais riche en quartz et en plagioclase et passe de ce fait aux diorites quartziques. Un diorite quartzique identique se retrouve dans un autre massif granitique au nord de Pontivy, celui de Rostrenen. Ce granite intrusif, d'âge namurien, normalement porphyroïde, passe près de Gouarec à une variété à grain fin, riche en biotite, sans grands cristaux et sans feldspath alcalin ([1]). Son analyse chimique (faite par F. Raoult, sur un échantillon étudié par M. A. Lacroix) amène aux paramètres magmatiques II.4(5).3.3′ et indique sa richesse en potasse et en chaux, ainsi qu'une faible teneur en silice libre calculée. Les deux granites d'âge différent, celui d'Uzel-Plessala étant le plus ancien, manifestent ainsi une même tendance vers l'enrichissement en chaux, probablement en raison des roches assez basiques qu'ils ont pu traverser lors de leur mise en place ([2]).

Dolérite. — Les schistes cristallins, les granites et les diorites quartziques entre Gausson et Langast, sont traversés par de nombreux filons de dolérite, soit verticaux (dykes), soit horizontaux (sills). Ces dolérites, probablement les plus récentes de cette région, sont peu modifiées; le plagioclase (labrador-andésine) est intact et l'augite à peine ouralitisée. Tel n'est pas le cas des dolérites intercalées en sills ou coulées concordantes avec la schistosité, à la limite des schistes dévoniens et carbonifères au nord de Merléac. Elles sont profondément modifiées avec production de minéraux appartenant à la zone supérieure du métamorphisme : albite, épidote, chlorite et ouralite. Elles sont accompagnées d'une manière assez constante par des schistes à grain fin, riches en chlorite et en épidote, mais sans feldspath, dont l'origine n'est pas facile à préciser (roches de contact probablement). Sur la première édition de la feuille, Ch. Barrois les a dénommés *schistes diabasiques* et, par erreur graphique, sa carte leur attribue une continuité, en réalité inexistante, car des dolérites franches sont constamment intercalées dans ces schistes.

Il existe encore des filons de roches mésocrates disséminés un peu partout (Les Écrédès, Saint-Tréphime, près Pontivy). Ce sont des microgabbros, des microdiorites et des dolérites qui ont subi une transformation assez intense. Sans pouvoir distinguer avec certitude quelle a été leur composition primitive, on constate qu'actuellement elles renferment du plagioclase et de l'amphibole, partiellement en grands cristaux, mais d'autre part désagrégés en fins cristaux et fibres (amphibole) provenant nettement de la recristallisation des grands cristaux anciens. Ce sont donc des roches recristallisées dans une zone de

---

([1]) Ch. Barrois le signale également (*Ann. Soc. géol. du Nord*, **12**, 1884, p. 6).

([2]) Ch. Barrois, *Ann. Soc. géol. du Nord*, **60**, 1935, p. 3.

métamorphisme plus profonde que les dolérites de Merléac et en voie de transformation en amphibolites.

Amphibolites. — Près du pont de Pertuis (nord de Langast) et à Plessala, Ch. Barrois a tracé deux bandes importantes d'amphibolites, intercalées dans les schistes (injectés de granite). L'amphibolite du premier gisement, bien orientée, est presque dépourvue de plagioclase; à Plessala elle en contient beaucoup plus, particulièrement au voisinage des filons blancs, composés d'oligoclase et de quartz, qui traversent l'amphibolite dans tous les sens. Ces mêmes filons, de leur côté, renferment parfois des cristaux isolés d'amphibole empruntés à l'amphibolite. D'après la forme de ces bandes on peut supposer que ce sont des filons d'anciennes dolérites transformées.

GÉOPHYSIQUE. — *Recherches sur la lumière du Ciel nocturne.* Note (¹) de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons étudié les variations de l'intensité de la lumière nocturne au moyen de deux photomètres enregistreurs installés au Pic du Midi en 1938. L'un de ces appareils, spécialement conçu pour l'étude de la lumière zodiacale, a été décrit dans une précédente Note (²). Il possède un champ de 25° et est braqué au-dessus (11°) des horizons Ouest ou Est. Le second est l'enregistreur d'aurores polaires établi en 1933 au Scoresby Sund (³). Il comporte un amplificateur à trois étages et un milliampèremètre enregistreur inscrivant à l'encre sur papier étalonné. Il fonctionne entièrement sur le courant alternatif du secteur. Son ouverture est de 45° et il est ordinairement braqué, soit au zénith, soit au-dessus (13°) de l'horizon Nord. La sensibilité est contrôlée au moyen d'une lampe au néon munie de filtres, alimentée par l'une des lampes stabilovolt du redresseur.

Les quatre photocellules géantes à vide de Pressler sont interchangeables. Les domaines spectraux étudiés ont été le bleu (entre 3000 et 5000 Å, avec un maximum de sensibilité à 4300) et le rouge (de 5500 à 9000 Å, avec un maximum à 7500). Un filtre de rhodoïd rouge permet de limiter ce second domaine à 6300 Å.

La brillance du ciel nocturne étant sensiblement uniforme, les appareils ne comportent aucune optique.

Seules, 58 courbes photométriques relevées à l'Est et à l'Ouest dans des conditions parfaites, dont 21 prises dans le bleu, ont été retenues. Pour celles-ci l'intensité moyenne est remarquablement constante au cours de l'année et les écarts ne dépassent par $\pm$ 12 %. L'amplitude de la variation nocturne est du même ordre. Celle-ci peut présenter un maximum ou un minimum vers le milieu de la nuit, demeurer constante ou décroître continuellement.

(¹) Séance du 28 août 1944.

(²) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 189.

(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 181; *Journ. de Phys.*, 5, 1934, pp. 398-412.

Les 37 enregistrements obtenus dans le rouge peuvent, au contraire, accuser des variations considérables allant de 1 à 4.

L'amplitude de la variation nocturne est du même ordre que dans le bleu et l'allure des courbes est analogue.

Les enregistrements effectués au Nord l'ont été exclusivement dans le rouge : 58 courbes ont été retenues. Elles montrent des variations encore plus considérables de l'intensité, qui peut passer de 1 à 5. Dans le cours d'une même nuit elle peut demeurer constante ou présenter des variations lentes du simple au double. Elle peut passer par un minimum ou par un maximum vers le milieu de la nuit, croître ou décroître constamment. Un faible minimum suit fréquemment le crépuscule. Des variations rapides de faible amplitude sont exceptionnelles.

L'observation visuelle ou photographique de l'horizon Nord montre, en outre, de faibles phénomènes lumineux liés aux maxima des courbes photométriques. Ces phénomènes présentent toutes les brillances, depuis celles de l'aurore polaire caractérisée, très rare, jusqu'aux plus faibles lueurs perceptibles. C'est ainsi que le 19 septembre 1941, à 3^h45^m, trois groupes de rayons diffus s'élèvent au Nord jusqu'à 80° de hauteur. Peu après, une draperie, formée de 6 ou 7 rayons nets, se propage lentement vers l'Est. L'intensité pouvait atteindre 2 dans l'échelle internationale. Le 12 novembre 1942 à 5^h, de larges bandes aurorales parallèles et horizontales, dont la brillance atteignait 2 ou 3 fois celle de la Voie Lactée hors du Sagittaire, s'étendent, au Nord, de l'Est à l'Ouest jusqu'à 45° de hauteur (intensité 1). Plus fréquemment (16 observations), une faible bande lumineuse horizontale, dont la brillance ne dépasse pas celle de la Voie Lactée, s'élève au-dessus de l'horizon Nord, sur une hauteur de quelques degrés, s'étendant parfois jusqu'au Nord-Est ou jusqu'au Nord-Ouest, demeurant tranquille jusqu'à l'aube ou ne durant que quelques heures.

Ni la raie verte, ni la raie rouge n'ont jamais été perçues au spectroscope de poche. Ce phénomène est aussi fréquent en hiver qu'aux équinoxes. Il n'est naturellement pas observable d'avril à août, lorsque la Voie Lactée ou la lumière zodiacale envahissent l'horizon Nord.

Durant la *nuit claire* du 6 au 7 décembre 1942, alors que l'horizon Nord était particulièrement brillant, l'enregistrement effectué au Nord avec le filtre rouge a montré une forte intensité présentant de lentes ondulations horaires, tandis que l'enregistrement effectué à l'Est dans le rouge présentait des variations synchrones avec un profond minimum à 21^h et un maximum à 2^h (rapport 2, 1). Durant celle du 31 août au 1er septembre 1943, les variations, dans le même domaine spectral, étaient encore synchrones, au Nord et à l'Est, mais le maximum avait lieu à $22^h\,30^m$ et le minimum à $0^h\,30^m$.

Les courbes relevées simultanément au Nord et dans les directions Est ou Ouest sont généralement d'allure différente.

Ces résultats contribuent donc à justifier notre thèse ([1]) d'une continuité complète entre les phénomènes anormaux proprement dits et la luminescence du Ciel *nocturne* (même sous nos basses latitudes géomagnétiques) et confirment, par conséquent, la théorie basée sur l'excitation d'électrons ionosphériques secondaires.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur le géotropisme des fruits de Giroflée.* Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Des courbures géotropiques ont été maintes fois observées sur des rameaux fructifères : l'axe principal, les pédoncules des fruits peuvent se redresser après avoir été déplacés de leur direction normale. Par contre les courbures géotropiques des fruits ne paraissent guère avoir attiré l'attention; il est vrai qu'on ne peut les observer facilement que sur des fruits allongés tels que les capsules d'Épilobes ou les siliques de Crucifères. Les observations rapportées ci-dessous concernent exclusivement la Giroflée (*Cheiranthus Cheiri* L.). Nous les classerons en trois groupes : A. *fruits observés dans les conditions naturelles;* B. *fruits portés par des rameaux isolés et alimentés en eau, au laboratoire;* C. *fruits isolés dont le pédoncule plonge dans une solution nutritive.*

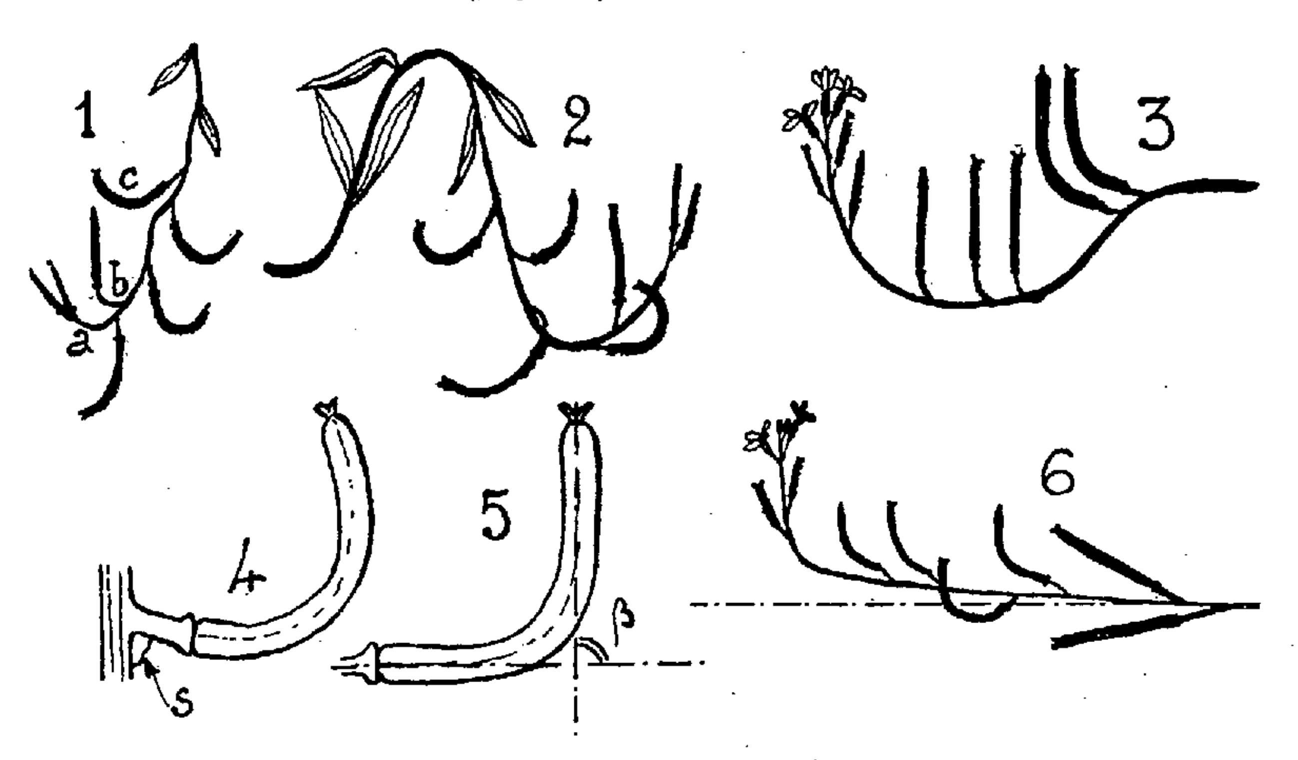
A. Observons un rameau fructifère accidentellement retourné la pointe en bas, à la suite d'une cassure de la base, cicatrisée au moment de l'examen (*fig.* 1). Trois sortes d'organes présentent des courbures : l'extrémité de l'axe (*a*), les pédoncules de quelques fruits jeunes (*b*), et certains fruits âgés (*c*). Ces courbures sont bien de nature géotropique, car la position de la plante par rapport au rocher qui la portait ne permettait pas de les attribuer à des conditions hétérogènes d'humidité ou d'éclairement. Le fruit est donc capable, dans certains cas au moins, de réponses géotropiques, comme l'axe principal. D'autres échantillons d'orientation anormale rencontrés dans la nature confirment ces observations (*fig.* 2 et 3). Remarquons que, dans tous les cas, les fruits les plus jeunes sont ramenés à leur position normale du fait du redressement de l'extrémité de l'axe; les fruits moyens deviennent verticaux par courbure du pédoncule, et certains fruits plus âgés seuls se courbent eux-mêmes. Nous avons également observé un fruit présentant une énergique réaction géotropique, conséquence d'une soudure du pédoncule avec l'axe de l'inflorescence (*s*, *fig.* 4).

Inclinons l'axe fructifère de quelques plants de Giroflée restés dans leur station naturelle, de manière à amener leur extrémité à peu près parallèle à la surface du sol; fixons-les dans cette position. Nous pourrons ensuite observer les faits suivants : *a.* la réaction géotropique négative des fruits peut apparaître en moins de 24 heures; *b.* elle est parfois très énergique ($\beta = 90°$; *fig.* 5); *c.* elle n'affecte que les fruits en cours de croissance au moment de la mise en expérience; les siliques les plus évoluées, rigides, ne se courbent plus; *d.* la

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 192; *Rev. Gén. Électr.*, **21**, 1932, pp. 303, 477 et 793.

courbure est localisée vers le milieu du fruit qui est la région d'allongement maximum.

B. Récoltons des rameaux fructifères orientés normalement; inclinons-les plus ou moins et alimentons-les en eau par la section, puis suivons leurs réactions. Nous observerons les faits suivants (*fig.* 6) : *a.* les rameaux vigoureux réagissent plus vite que les faibles; *b.* les réactions sont d'autant plus franches que l'inclinaison des axes par rapport à la verticale est plus forte; *c.* la réaction de certains fruits est sensible en 24 heures et des courbures de siliques à angle droit s'observent en 48 heures (*fig.* 5); *d.* suivant les cas, les courbures affectent



exclusivement l'extrémité de l'axe, les pédoncules des fruits, le milieu des siliques, ou plusieurs de ces régions à la fois.

C. Pour mieux définir les conditions des expériences, des observations ont été faites sur des fruits isolés dont le pédoncule sectionné plongeait dans du liquide de Knop glucosé à 7 %, fréquemment renouvelé; ces fruits étaient conservés à l'obscurité, à l'étuve à 20°. Dans ces conditions, la croissance continue pendant quelques jours. Le tableau ci-dessous résume les résultats d'une expérience. L désigne la longueur des siliques en millimètres, α l'angle initial du fruit avec la verticale (en degrés), β l'angle formé par les deux parties rectilignes du fruit au cours de la courbure (*fig.* 5).

Mise en route.		Après 1 jour.		2 jours.		3 jours.		5 jours.	
L.	α.	L.	β.	L.	β.	L.	β.	L.	β.
14,5	25	15,5	0	17	ε	17	20	18	15
17	15	21	0	24	15	25	ε	26,5	0
19	20	21,5	10	23,5	15	25	15	26	25
28	40	34,5	0	38	25	39	20	39,5	30
39	35	46	0	50	0	50	0	50	0

Ces expériences ont conduit aux conclusions suivantes : *a.* lorsque la croissance est à son terme ou presque, il n'apparaît aucune courbure des fruits; *b.* 2 à 3 jours sont généralement nécessaires pour obtenir une réaction sensible à l'œil; *c.* les très petits fruits s'altèrent vite et réagissent mal; *d.* les siliques les plus inclinées sont le plus souvent les plus promptes à se courber.

Il résulte de l'ensemble de ces faits que les fruits de Giroflée sont susceptibles de présenter des réactions géotropiques dans les mêmes conditions et suivant les mêmes modalités que les organes végétatifs aériens. Un rameau fructifère plus ou moins couché, considéré dans son ensemble, peut présenter, au bout d'un temps suffisant, quatre comportements différents suivant le tronçon examiné : 1° courbure de l'*axe* au voisinage de la région de croissance terminale; les fruits les plus jeunes retrouvent ainsi passivement leur orientation verticale; 2° courbure des *pédoncules* des siliques plus âgées; 3° déformation des *fruits* situés plus bas, ramenant à sa position normale la seule région distale du péricarpe; 4° absence de toute réaction visible au niveau des fruits parvenus au terme de leur croissance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le manganèse dans les tumeurs.*

Note de MM. **R. Marot** et **Marc Durand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Alors que les publications consacrées aux variations intratumérales du fer et du cuivre abondent dans la littérature médicale, il est très curieux de constater que, jusqu'à présent, aucune recherche n'a été entreprise concernant le *manganèse,* dont les propriétés biologiques sont pourtant très voisines. Ce métal se comporte en effet, à l'égal des précédents, comme un puissant *catalyseur d'oxydation*, et son rôle dans les phénomènes de croissance et d'activité cellulaire a été bien mis en évidence depuis longtemps déjà par G. Bertrand et ses collaborateurs ([1]).

C'est encore à cet auteur que revient le mérite d'avoir montré la présence à peu près constante du manganèse dans toute la série animale et d'avoir en outre précisé quelle est la répartition de cet élément entre les divers tissus des organismes vivants ([2]).

C'est en partant de ces données qu'il nous a paru intéressant de déterminer si la dégénérescence tumérale d'un tissu entraîne des variations appréciables dans sa teneur en manganèse. A cet effet, disposant d'un lot de cinq tumeurs appartenant à des types différents, nous avons dosé ce métal comparativement pour chacune, dans la néoplasie elle-même et dans la partie attenante de l'organe correspondant encore demeurée indemne.

La technique que nous avons utilisée est la méthode colorimétrique mise au point par G. Bertrand ([3]). Elle est basée sur une transformation du manganèse en permanganate par le persulfate de potassium en présence d'azotate d'argent et en milieu nitrique. Nous avons opéré sur le résidu minéral obtenu par incinération des tissus au four électrique.

([1]) G. Bertrand et M. Javillier, *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1911, p. 629; 11, 1912, p. 212.

([2]) G. Bertrand et F. Medigreceanu, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1912, pp. 665-680; *Comptes rendus,* 154, 1912, pp. 1450-1452.

([3]) *Bull. Soc. Chim.,* 9, 1911, p. 361.

Voici les résultats exprimés en milligrammes de Mn pour 100g de matières sèches :

Nature de la tumeur.	Tissu sain.	Tissu tuméral.
Leïomyome utérin	0,18	0,07
Épithéliome du corps de l'utérus	0,21	0,13
Sarcome fibroblastique de l'avant-bras	0,25	0,02
Leïomyome utérin	0,20	0,08
Épithéliome du rectum	0,14	0,06

Ainsi nous avons observé une diminution constante du taux du manganèse contenu dans le tissu tumoral par rapport au tissu sain d'origine, ceci quelle que soit la nature, bénigne ou maligne, de la néoplasie.

Ces résultats sont-ils en accord avec les faits déjà signalés touchant aux variations du fer et du cuivre à l'intérieur des néoformations ?

Il est, en réalité, bien difficile de fournir sur cette question une réponse bien nette, les conclusions auxquelles sont parvenus les divers expérimentateurs étant la plupart du temps assez contradictoires. Néanmoins il semble qu'à l'heure actuelle on tende plus volontiers à admettre la diminution de ces deux corps (4) dans les tissus en cours de cancérisation, opinion qui viendrait à l'appui de nos constatations.

Les quelques chiffres que nous apportons ici ne présentent pas un intérêt purement documentaire. Ils viennent en quelque sorte confirmer la théorie de J. Thomas et Fialip (*Les Néoplasmes*, 4, II, 1925), inspirée de G. Bertrand (5) relative à la genèse des tumeurs. On sait en effet que, selon cette hypothèse, le cancer résulterait d'une rupture dans l'équilibre normal existant dans l'organisme entre les protéines et les métaux oxydants, rupture s'effectuant aux dépens de ces derniers et provoquant ainsi une prééminence des facteurs réducteurs, qui sont constructifs, sur les processus d'oxydation, qui ont une action inverse.

La séance est levée à 17h 15m.

L. B.

---

(4) Pour le fer, A. ROBIN, *Bull. gén. de Thérap.*, 15 février 1913, n° 6; pour le cuivre, H.-J. TAVERNE, *Nederland Tijdschr. Genees. Kunde*, 1923, p. 2810; Ex. *Chemical Abstracts*, **18**, 1924, p. 1701; C. CAVINA, *Tumori*, 5, 1931, p. 27; H. ZONDEK et M. BANDMAN, *Deutsch. med. Wochenschr.*, 59, 1933, pp. 91-94.

(5) *Comptes rendus*, **124**, 1896, p. 1032.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 SEPTEMBRE 1944 (1).

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Par un vote à mains levées, l'Académie décide que, dorénavant, la séance sera de nouveau ouverte à 15h.

M. **CHARLES FABRY** fait hommage à l'Académie de la Notice qu'il a consacrée à M. HENRI BUISSON, Correspondant pour la Section de Physique générale.

CORRESPONDANCE.

M. **J. L. WINTERBOTHAM**, Secrétaire général de l'UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE, adresse à l'Académie les compliments de cette Union à l'occasion de la libération de Paris.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilisation des tissus végétaux à l'action de la colchicine sous l'influence de l'éther et du chloroforme.* Note de M. **GUY DEYSSON**, présentée par M. René Souèges.

Nous nous sommes proposé de vérifier si le seuil d'action de la colchicine n'était pas abaissé et l'action des doses actives renforcée sous l'influence de l'éther ou du chloroforme, corps qui, par eux-mêmes, n'exercent qu'une action mito-inhibitrice très faible et sont incapables de produire des stathmocinèses (1).

Dans une première série d'essais nous avons déterminé le seuil d'action de l'alcaloïde. Des bulbes d'*Allium Cepa* L. sont cultivés sur liquide de Knop dilué au demi, en présence de doses faibles de colchicine, les milieux étant renouvelés journellement. La dose-seuil est de l'ordre de 0g,005 %. A cette concentration, la tubérisation, relativement tardive (4 jours environ), est toujours faible et les cinèses normales coexistent avec les stathmocinèses. On constate la succession de périodes d'allongement normal et de tubérisation se traduisant

---

(1) La séance, comme les précédentes, est ouverte à 16h30m au lieu de 15h.

(1) P. et N. GAVAUDAN, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 509; P. GAVAUDAN, *ibid.*, p. 571.

par de petites intumescences séparées par des étranglements disposés en chapelet. Pour des doses de colchicine de $0^g,002$ %, on ne constate aucune anomalie morphologique ou cytologique.

Dans une autre série d'expériences les bulbes, pourvus de racines de 1 à 2^{cm} de long, sont placés sur du liquide de Knop au demi, additionné de $0^g,50$ % de chloroforme; ils y séjournent, suivant les cas, 30 minutes, 1 heure ou 2 heures. Puis, après lavage, ils sont transportés sur le milieu colchiciné à $0^g,005$ %. Chaque expérience porte sur une moitié de bulbe; l'autre moitié, qui sert de témoin, n'est soumise qu'à l'action de la colchicine. Après séjour de 30 minutes en milieu chloroformé, on ne constate aucune différence avec les témoins. Après séjour d'une heure, on constate une accélération fugace par rapport aux témoins : il apparaît immédiatement une légère tuméfaction en milieu colchiciné; ultérieurement, on constate les mêmes tuméfactions en chapelet que chez le témoin. Pour un séjour de 2 heures dans le milieu chloroformé, la sensibilisation est manifeste : tuméfaction et stathmocinèses apparaissent plus tôt que chez le témoin (environ 2 jours au lieu de 4 jours pour les premiers changements).

Dans une troisième série d'expériences l'action du chloroforme et de la colchicine est simultanée. Le développement s'effectue tout entier dans le liquide de Knop au demi, additionné à la fois de $0^g,005$ de colchicine et de $0^g,25$ % de chloroforme. Dans ces conditions, l'apparition des stathmocinèses est plus précoce (elles sont nombreuses déjà au bout de 15 heures) et la tuméfaction plus précoce et plus intense que chez les témoins.

Une autre série d'essais, parallèles aux précédents, a été faite, mais pour une concentration en alcaloïde de $0^g,002$ % seulement, dose qui, chez les témoins, n'a provoqué aucune réaction. Lorsque les racines ont été soumises, avant l'action de la colchicine, à l'action de l'eau chloroformée à $0^g,50$ % pendant 2 heures, on constate l'apparition de stathmocinèses et, parfois, une très légère tuméfaction; cependant cette action est fugace : bien que le développement des racines se poursuive en milieu colchiciné, les anomalies cinétiques disparaissent et la croissance reprend normalement. D'autres racines se sont développées pendant 48 heures sur milieu colchiciné à $0^g,002$ % et chloroformé à $0^g,25$ %, puis sur milieu colchiciné non chloroformé à $0^g,002$ %. Dans ces conditions, on obtient une tuméfaction très nette, avec stathmocinèses; mais cette sensibilisation n'est que transitoire; la croissance, après 4 jours, a repris normalement et les stathmocinèses ont disparu.

Des phénomènes de sensibilisation comparables sont observés en présence d'éther sulfurique. Avec des doses de $0^g,005$ % de colchicine et de $0^g,50$ % d'éther, des tuméfactions sont déjà visibles sur certaines racines au bout de 24 heures et, au bout de 48 heures, toutes les racines sont tubérisées.

En résumé, sous l'influence de l'éther ou du chloroforme, l'action de la colchicine se manifeste pour des concentrations qui, seules, sont inactives; pour

des concentrations déjà un peu actives par elles-mêmes, l'action de la colchicine est plus précoce et plus intense. Peut-être cette sensibilisation serait-elle susceptible d'application dans le domaine de la polyploïdie expérimentale. Dès maintenant, il nous apparaît que ces faits peuvent être expliqués par une augmentation de la perméabilité des tissus pour la colchicine, provoquée par l'éther ou le chloroforme, la pénétration plus rapide ou plus intense de l'alcaloïde se manifestant par son action mitoclasique et tubérisante. Ces expériences, prouvant par une voie nouvelle l'augmentation de la perméabilité des tissus végétaux par l'éther ou le chloroforme pour des doses non toxiques de ces anesthésiques, s'accordent avec les expériences antérieures de divers auteurs [2].

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de la respiration de tissus végétaux isolés cultivés* in vitro. *Influence de l'acide indole-3-acétique sur la respiration des tissus de Topinambour.* Note de M. **Maurice Lachaux**, présentée par M. René Souèges.

On sait que l'hétéro-auxine est susceptible d'accélérer la croissance des végétaux. Suivant la dose utilisée, ce phénomène est dû à une multiplication ou à une élongation cellulaire. On pourrait donc s'attendre à ce que, une accélération de croissance amenant une augmentation de la respiration, l'hétéro-auxine soit un activateur des combustions pour les cellules végétales. S. B. M. Sweeney et K. V. Thimann [1], R. Pratt [2], Thimann et B. Commoner [3] ont signalé un tel effet accélérateur; la plupart des expérimentateurs semblent pourtant s'accorder pour dire que l'acide indole-3-acétique n'influence en rien la respiration des végétaux, sauf cependant aux doses élevées (10^{-5}), où il joue le rôle d'inhibiteur [4]. A la suite de F. W. Went [5] et de V. J. Köningsberger [6], on peut dire que l'opinion généralement admise est que l'hétéro-auxine n'a pas d'influence sur la respiration des végétaux.

---

(2) E. N. Harvey, *J. of exp. Zool.*, **10**, 1911, p. 507; G. Medes et J. F. Mac Clendon, *J. of biol. Chem.*, **42**, 1920, p. 541; M. Gompel, *Ann. de Physiol.*, **1**, 1925, p. 166; K. Höfler et F. Weber, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 65, 1926, p. 643; H. Baerlund, *Protoplasma*, **30**, 1938, p. 70.

(1) *Journ. gen. Physiol.*, **21**, 1937, pp. 439-461.

(2) *Am. Journ. Bot.*, **25**, 1938, pp. 389-392.

(3) *Am. Journ. Bot.*, **26**, 1939, p. 15 S.

(4) P. Boysen-Jensen et N. Nielsen, *Planta*, **1**, 1925, pp. 321-331; J. Bonner, *Journ. gén. Physiol.*, **20**, 1936, pp. 1-11; F. Kögl, A. J. Haagen-Smit et C. J. van Hulssen, *Zeits. Physiol. Chem.*, **241**, 1936, pp. 17-33; H. G. Du Buy et R. A. Olson, *Am. Journ. Bot.*, **27**, 1940, pp. 401-413.

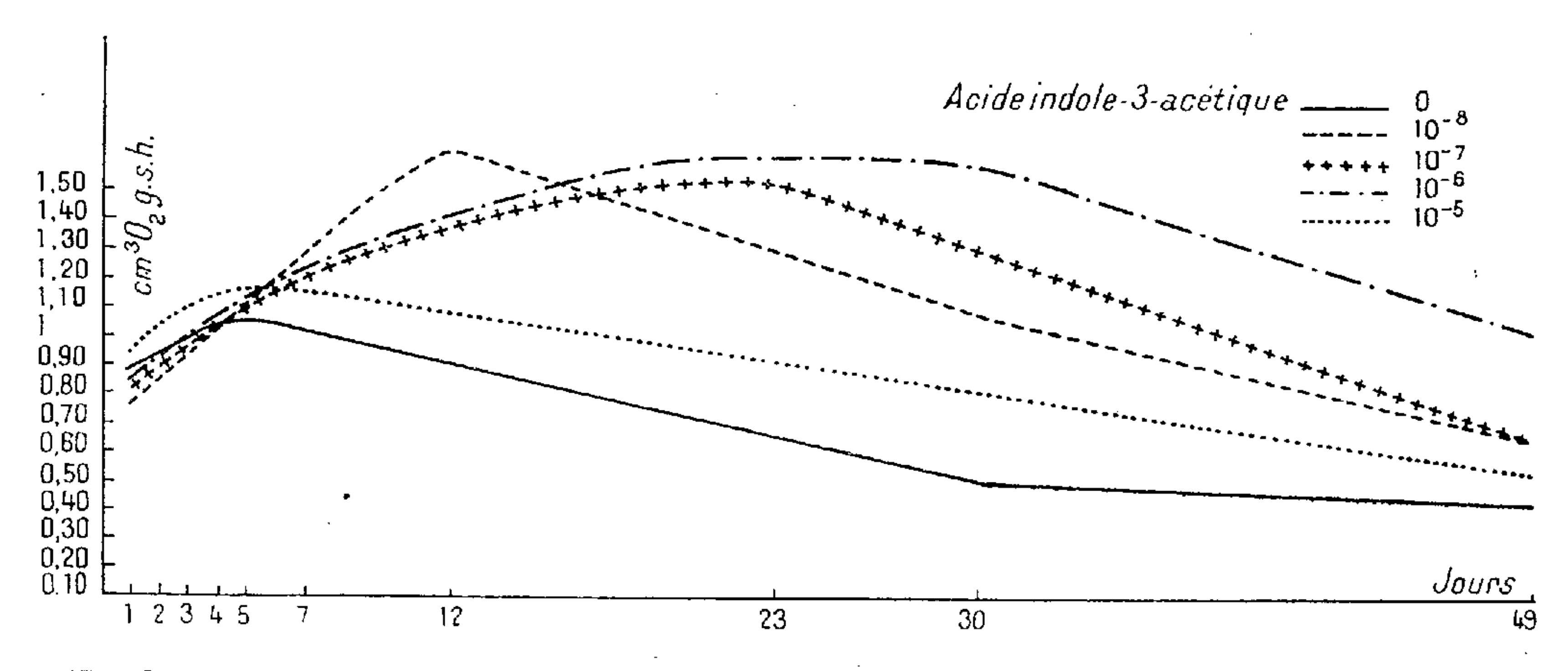
(5) *Chronica botanica*, **4**, 1938, pp. 503-505.

(6) *Inst. Coop. Intell. S. D. N.*, Paris, 1938, p. 37.

Nous avons exposé [7] nos résultats obtenus avec des fragments de tubercules de Carotte et de Topinambour : la respiration des premiers est insensible à l'acide indole-3-acétique, sauf à la dose de 10^{-5}, qui est inhibitrice. Par contre la respiration des fragments de tubercules de Topinambour est légèrement accélérée avec un maximum pour une concentration égale à 10^{-6}.

Il nous a semblé intéressant de reprendre cette étude avec le matériel plus simple et surtout plus homogène que constituent les tissus isolés depuis plusieurs années et ayant subi de nombreux repiquages. Dans la présente Note nous examinerons uniquement les résultats obtenus avec les cultures de tissus de tubercule de Topinambour.

Ces tissus ont été cultivés sur milieu gélosé III de R. J. Gautheret [8] (renfermant 40g ‰ de glucose au lieu de saccharose) additionné de doses d'acide indole-3 acétique croissant de 10^{-8} à 10^{-5}. Nos expériences ont été conduites de la manière qui a été indiquée précédemment. Elles ont donné des résultats résumés dans les courbes ci-dessous (exprimés en centimètres cubes d'oxygène dégagés par gramme de tissu frais et par heure).



En l'absence de substance de croissance, la quantité d'oxygène consommé par les tissus isolés de Topinambour augmente pendant quelques jours après la mise en culture, puis diminue progressivement. L'acide indole-3-acétique augmente et surtout prolonge nettement la respiration de ces tissus; à la concentration optimum de 10^{-6}, cette augmentation est de l'ordre de 300 % au bout d'un mois de culture. Pour 10^{-5} l'augmentation est encore notable, voisine de 75 %, mais cette dose est une dose limite au-dessus de laquelle l'hétéro-auxine devient toxique.

Ainsi donc l'hétéro-auxine paraît élever l'intensité respiratoire des tissus isolés de Topinambour. Toutefois, à toutes les concentrations utilisées, cette action accélératrice est peu nette pendant les premiers jours, le fragment repiqué contenant sans doute suffisamment de substance de croissance. Ce n'est

[7] *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 244.
[8] *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, Paris, 1942, p. 53.

qu'au bout d'une semaine qu'elle apparaît avec évidence; elle maintient alors dans le temps la respiration à un niveau élevé par rapport à celui des témoins. Or nous avons retrouvé le fait, signalé par Gautheret (9) et nié par P. Nobécourt (10), que l'acide indole-3-acétique est absolument indispensable à la prolifération des tissus isolés de tubercule de Topinambour. L'hétéro-auxine agit-elle comme stimulant des oxydations ou bien l'augmentation de la consommation d'oxygène constatée est-elle secondaire à l'accélération de croissance? Nous nous proposons d'analyser ce phénomène par de nouvelles expériences.

AGRONOMIE. — *Rôle de la silice dans la nutrition ferrique des végétaux.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Étienne Bastisse**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans des études pédologiques (1), nous avons établi que le fer est susceptible de passer dans les eaux de drainage même en sol calcaire, lorsqu'il est associé à la silice sous forme de complexes ferrisiliciques. Nous avons été ainsi conduits à envisager les relations possibles entre ce processus de mobilisation et la chlorose par déficience de fer; celle-ci, attribuée généralement à une immobilisation du fer, se manifeste avec une intensité très variable dans les divers types de sols calcaires.

Lorsqu'à une solution diluée d'un sel ferrique on ajoute un silicate alcalin, il y a formation d'une pseudosolution qui, soumise à l'électrophorèse, voit son fer migrer à l'anode sous forme d'un complexe ferrisilicique. Ces pseudosolutions peuvent renfermer jusqu'à 500^{mg} Fe par litre. Elles sont stables dans un large intervalle du pH (3,5 à 12,0). Elles ne précipitent pas par dilution à l'eau distillée, ni en présence de carbonate de calcium. Par addition de sels alcalins ou alcalinoferreux, en quantités suffisantes, elles floculent en fixant une petite quantité du cation introduit. Le rapport moléculaire SiO^2/Fe^2O^3 dans la solution initiale conditionne celui du floculat; ce rapport est toujours abaissé dans la phase floculée, tandis qu'il s'élève dans la phase liquide surnageante, où il atteint des valeurs très supérieures à celles des silicates argileux du sol. Le floculat, centrifugé, puis remis au contact d'eau distillé, donne lieu aux mêmes équilibres de dissociation. La pseudosolution, d'apparence limpide, renferme une petite quantité de fer dissimulé (0,1 à 1^{mg} par litre); celui-ci dialyse partiellement avec la silice au travers d'une membrane de parchemin.

Nous avons tout d'abord étudié le comportement de divers produits répondant aux conditions d'obtention précédemment indiquées, dans une série d'expériences de végétation. Celles-ci furent effectuées sur le Maïs, cultivé dans

(9) *C. R. Soc. Chim. biol.*, **24**, 1942, pp. 13-47.
(10) *Bull. Soc. linnéenne de Lyon*, **1**, 1942, pp. 5-10.

(1) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 188.

une solution minérale pratiquement exempte de fer, avec addition de CO^3Ca, précipité remis fréquemment en suspension par barbotage d'air. La réaction du milieu s'est constamment maintenue alcaline (pH 7,8). Les Maïs témoins se sont rapidement étiolés et n'ont pas tardé à mourir. L'apport de sulfate ferrique, même renouvelé, n'a fait que retarder la chlorose. Le silicate de potassium seul n'a pas eu d'effet appréciable. Par contre les complexes ferrisiliciques résultant de l'action conjuguée des deux produits précédents ont permis d'assurer le développement normal et complet du Maïs.

L'ensemble de nos observations a conduit aux conclusions suivantes :

1° Fe^2O^3 et SiO^2 ont pénétré simultanément dans la plante selon un rapport moléculaire indépendant de celui existant dans le complexe ferrisilicique introduit et variable suivant la température.

2° L'action des complexes ferrisiliciques sur la croissance a été, jusqu'à une certaine limite, d'autant plus favorable que le rapport moléculaire SiO^2/Fe^2O^3 était plus élevé.

3° Pour un même rapport SiO^2/Fe^2O^3 l'efficacité croît jusqu'à 100^{mg} de fer par litre introduit à l'état de pseudosolution, mais on peut assurer la nutrition du Maïs et son développement complet aux dépens de solutions très diluées ($< 0^{mg},1$ de fer par litre), à condition de les renouveler fréquemment.

4° A l'état de gels ou de poudres, obtenues après dessiccation ménagée, ces produits se comportent comme une source de fer assimilable par la plante. Mais la forme active est représentée par la pseudosolution qui résulte de leur dissociation dans l'eau.

5° L'activité du complexe dépend, dans une certaine mesure, du cation associé suivant la gradation $K > Mg > Ca$. Les résultats les meilleurs ont été obtenus par l'association K, Mg, Ca en quantités équivalentes.

6° Dans la plante les deux éléments SiO^2 et Fe^2O^3 évoluent séparément; la silice, plus mobile que le fer, a tendance à se concentrer dans les parties aériennes. Le rapport SiO^2/Fe^2O^3 est maximum dans la graine.

La silice, dont la présence est constante dans les solutions du sol et dans les végétaux, n'a pas vu son rôle jusqu'ici mis en lumière. Nos observations établissent qu'elle se comporte comme vecteur du fer et vraisemblablement aussi d'autres oligoéléments; elle protège ceux-ci contre l'immobilisation par précipitation, grâce à la formation de complexes pseudosolubles susceptibles de concourir à la nutrition végétale. On s'explique ainsi que le pouvoir chlorosant d'un milieu calcaire soit en relation avec la possibilité pour ces corps d'y prendre naissance, au cours des processus d'altération naturelle des roches mères.

Le mode de pénétration signalé par nous peut être étendu aux organismes vivant dans les eaux naturelles et qui concentrent dans leur masse le silicium ainsi que d'autres éléments présents en petite quantité dans le milieu.

L'expérience directe a vérifié l'efficacité des complexes ferrisiliciques pour

combattre la chlorose ferrique des arbres fruitiers et de la vigne, soit par injection de solutions dans le sol, soit par introduction du produit floculé dans la plante. Aucun phénomène de causticité ou de toxicité n'a été constaté.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition de l'ovogenèse chez le Doryphore* (Leptinotarsa decemlineata *Say*) *nourri avec des feuilles sénescentes de Pomme de terre*. Note de M. **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Trouvelot et nous-même ([1]) avons déjà remarqué que, dans la nature, le rassemblement, le séjour et par suite la ponte des imagos post-hibernants de *L. decemlineata* étaient plus importants sur les jeunes plants de Pomme de terre (ayant 10 à 15^{cm} de hauteur) que sur les plants âgés. Ces remarques sont confirmées indirectement par les observations que René Herpin ([2]) a faites en 1943 sur des champs naturellement infestés.

Pour vérifier ces variations physiologiques, il était nécessaire d'isoler des Doryphores adultes, en plein air et au laboratoire, sur des plantes d'âges différents. Nos constatations concernent surtout la fécondité des Insectes et ont été répétées plusieurs fois depuis 1936; nous ne rapportons ici que les dernières d'entre elles, faites à Versailles en 1943.

Nous isolons dix couples, dans des cages grillagées cubiques de 0^{m},80 de côté, sur des pieds de Pomme de terre de la variété *Ackersegen*, situés en plein air. Dans une série d'essais les tubercules mères sont plantés le 6 mai et dans une autre le 17 juin. Chaque série de plants d'âges différents comprend deux lots : l'un avec des adultes post-hibernants maintenus en pseudo-diapause artificielle ([3]), et l'autre avec des individus de la première génération estivale venant de subir la mue imaginale. L'infestation est faite le 5 juillet 1943, dans sept essais qui durent environ deux mois. Le tableau suivant résume brièvement les résultats obtenus.

	Fécondité de 10 couples	
Essais.	sur plante vieille (âgée de 2 à 4 mois).	sur plante jeune (âgée de 15 jours à 2 mois 1/2).
Imagos post-hibernants....	3 pontes comptant 52 œufs	27 pontes comptant 894 œufs
	11 » » 266 »	26 » » 743 »
Imagos de 1re génération...	0 » » 0 »	17 » » 801 »
	5 » » 94 »	— —

Parallèlement, nous avons élevé, au laboratoire, des groupes d'insectes sur des plantes en pots, remplacées chaque semaine pour éviter l'étiolement; au début de l'expérience les plantes utilisées sont respectivement âgées de trois semaines et de dix semaines; en outre, sur ces dernières, nous coupons le

([1]) Trouvelot, Grison et Dixmeras, *C. R. Ac. Agric.*, **22**, 1936, p. 513.

([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 705.

([3]) P. Grison, *VIIe Congr. Int. Entom.*, Berlin, 1939.

sommet des tiges et supprimons les bourgeons axillaires se développant à la base des feuilles jaunissantes. Dix couples d'adultes de première génération sont déposés sur ces pieds le 9 juillet et y sont maintenus jusqu'à leur enfouissement. Voici les résultats résumés dans un tableau :

Essai.	Fécondité des insectes.	Date d'enfouissement.
Sur tissus sénescents (plantes mises en végétation le 14 avril)	nulle	du 10 août au 18 septembre
Sur tissus jeunes (plantes mises en végétation le 3 juin)	328 œufs (15 pontes)	du 11 août au 15 septembre

Les dates d'enfouissement sont comparables dans les deux cas. Il en est à peu près de même pour les quantités d'aliments consommées que nous avons mesurées chez des individus isolés. Pendant six jours, après la mue imaginale, deux femelles nourries de feuilles jeunes consomment respectivement 805^{mg} et 1531^{mg} de matière fraîche; deux femelles nourries de feuilles sur le point de jaunir consomment 1027^{mg} et 1458^{mg}. La consommation moyenne individuelle par jour est de 194^{mg} (représentant approximativement 26^{mg} de matière sèche) pour les premiers Insectes et de 207^{mg} (36^{mg} de matière sèche) pour les derniers.

Il semble donc bien que la qualité de l'aliment ingéré soit essentiellement la cause de la réduction de fécondité du Doryphore nourri d'organes végétaux âgés.

F. Picard [1] avait déjà supposé que la nature des aliments (feuilles âgées de vigne) peut diminuer la fécondité de l'Altise *Haltica ampelophaga* Guer.

Ces constatations, et celles que nous avons faites sur la diapause vraie au stade imaginal, permettent d'expliquer la forte réduction estivale de la ponte du Doryphore dans la nature. Les indications qui nous ont été fournies par Mlle Boczkowska (observations faites près de Lyon du 12 mai au 6 octobre 1943) peuvent être prises comme exemple. On établit le nombre maximum d'adultes séjournant dans une parcelle de 32 plants et le nombre maximum d'œufs relevés dans la même parcelle à la même époque; le rapport entre les deux nombres exprime la fécondité moyenne approximative : au printemps, celle-ci est de $\frac{2735 \text{ œufs}}{20 \text{ imagos}} = 136$ œufs par imago, et en été de $\frac{4283 \text{ œufs}}{1331 \text{ imagos}} = 3$ œufs par imago.

La diminution estivale de la ponte doit être attribuée : 1° à la forte proportion (environ les 3/4) d'individus de 1re génération qui s'enfouit précocement et ne participe plus, temporairement, à la reproduction; 2° au vieillissement des plantes nourricières.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

A. Lx.

---

[1] *Ann. Épiphyt.*, **11**, III, 1926, p. 177.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation de l'arrêté, en date du 20 septembre 1944, portant approbation de la radiation que l'Académie a faite de M. **Georges Claude**, sur la liste des Membres de l'Académie des sciences.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. le commandant **J. P. Den Hartog**, professeur à l'Institut de Technologie de Boston (Massachussetts), le capitaine **W. P. Roop**, sous-directeur du Bassin d'essai de Washington, le capitaine **A. G. Mumma**, ancien élève de l'École française du Génie maritime.

OPTIQUE. — *Sur l'emploi d'images auxiliaires dans les observations au microscope, notamment dans celles où l'on se sert de lumière polarisée.* Note de MM. **Aimé Cotton** et **Pierre Manigault**.

Nous avons indiqué ([1]) un procédé pour rechercher dans un objet microscopique l'existence du dichroïsme rectiligne : le principe de l'appareil employé consistait à projeter sur la préparation, à travers la lame qui la supporte, l'image d'une bilame donnant deux plages lumineuses contiguës polarisées à angle droit. Nous voudrions montrer aujourd'hui que cet emploi d'images auxiliaires d'objets situés en dehors du microscope, et que l'on examine en même temps que celles des objets que l'on étudie, pourra se montrer utile dans bien des cas.

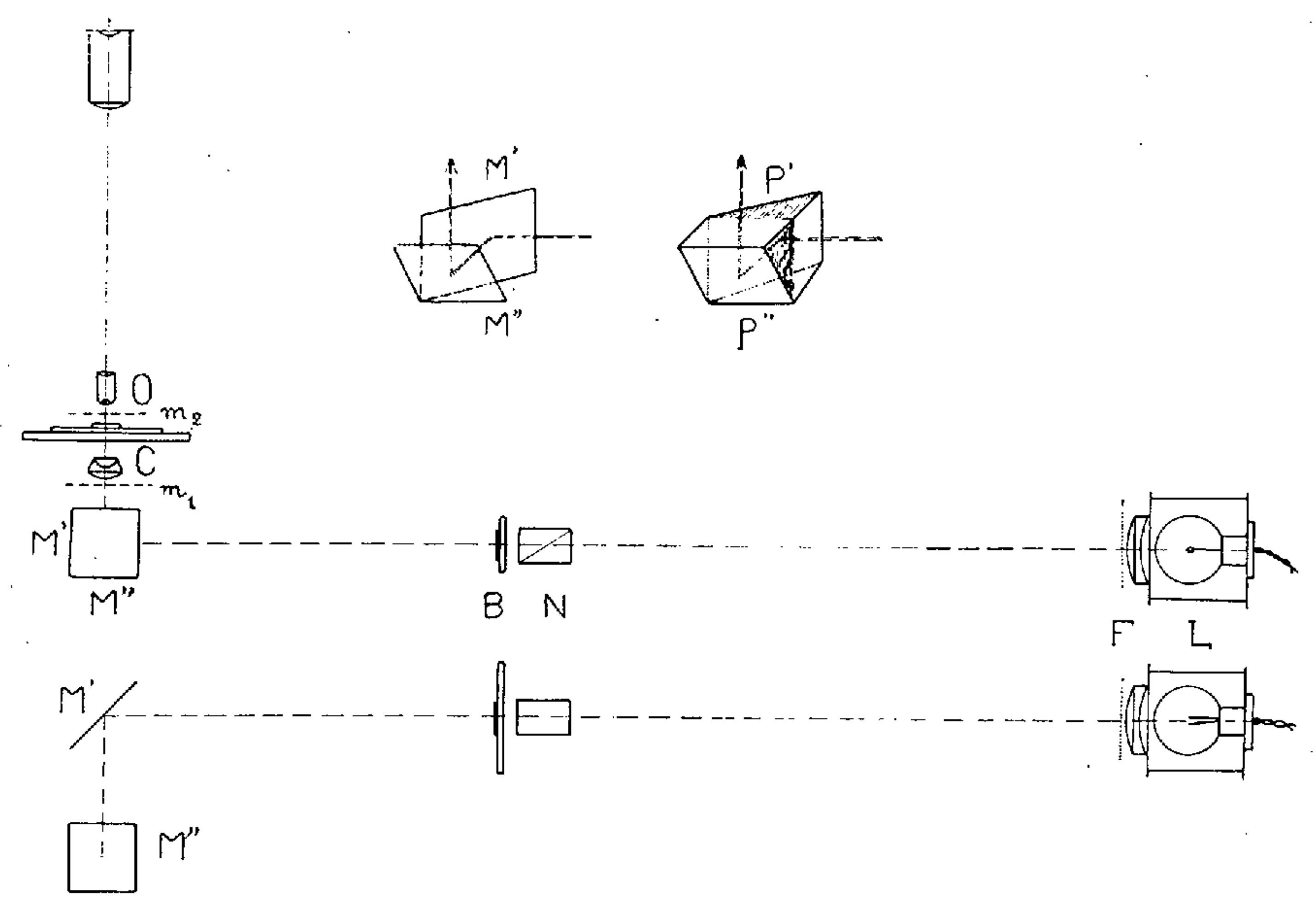
I. Recherche de biréfringencess. — *a. Étude directe.* — Supposons d'abord qu'il s'agisse de reconnaître si un petit objet transparent est biréfringent. On se contente souvent du procédé qui consiste à munir simplement le microscope d'un polariseur et d'un analyseur. Ces deux appareils étant placés soit dans la position *nicols croisés*, soit dans la position *nicols parallèles*, on examine les aspects que présente l'objet étudié lorsqu'on le fait tourner dans son plan. L'appareil pour l'étude du dichroïsme décrit dans la Note citée peut déjà servir à ces observations s'il est muni d'une platine tournante et complété par

---

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 249.

un analyseur, qui doit être amovible, puisqu'on le supprime dans le cas de la recherche du dichroïsme. Pour cela on peut se contenter de placer sur l'oculaire une lamelle polarisante; il est commode que cet analyseur se trouve immédiatement placé, grâce à des repères ou à des butées, soit dans la position d'extinction, soit dans celle du parallélisme. Mais au cours des opérations il ne sera plus nécessaire de le faire tourner : comme le polariseur est formé par une bilame qui donne deux champs polarisés à angle droit, on fait les observations en faisant glisser cette bilame dans le plan où elle peut se déplacer parallèlement à elle-même. En agissant sur un bouton de manœuvre, on éclaire une région donnée du champ par l'une ou l'autre des deux plages. Cette opération peut, si l'objet étudié n'est pas trop petit, se faire très rapidement, et l'on peut s'arrêter de façon que l'image de l'objet soit traversée par la ligne de séparation. On voit alors à la fois, dans ce cas, les deux aspects de l'objet correspondant à deux nicols croisés ou parallèles.

Si le microscope n'est pas muni d'une bonne platine tournante, on peut suppléer à son absence. Au lieu de faire tourner la platine, on pourrait faire tourner à la fois l'ensemble du polariseur et de l'analyseur : or on arrive au même résultat d'une autre manière en faisant tourner les vibrations lumineuses qui abordent



et qui quittent la préparation. Une première lame demi-onde m_1 peut être placée par exemple (comme on le faisait pour l'étude du dichroïsme) au-dessous de C (voir la figure); une autre lame pareille m_2 (²) est placée horizontalement

(²) Si la distance frontale était trop courte on pourrait mettre cette lame m_2 au-dessus de l'objectif en ménageant une fente dans le tube (les rotations nécessaires ne dépassent guère 45°). En remplaçant la rotation d'un nicol par celle d'une lame mince on a l'avantage de pouvoir employer un oculaire incliné.

au-dessus de l'objet. Sur la figure on a supposé qu'on la mettait sous l'objectif. Si les deux lames, réglées l'une par rapport à l'autre, sont rendues solidaires et capables de tourner du même angle (l'ensemble étant entraîné par exemple par un bras coudé contournant la platine), on obtient le même résultat que si l'on faisait tourner l'objet : *ni l'image de la préparation, ni celle des deux plages que l'on regarde ne changent de place pendant cette rotation.*

Une autre modification à l'appareil servant à l'étude du dichroïsme est utile en tout état de cause. Cet appareil faisait intervenir une réflexion, soit une réflexion métallique, soit une réflexion totale. Sauf dans le cas particulier où il s'agit d'une vibration rectiligne parallèle au plan d'incidence ou perpendiculaire à ce plan, la vibration est modifiée par la réflexion dans sa phase, sinon dans son amplitude. Or on élimine complètement les inconvénients qui résultent, dans le cas général, de cette réflexion en employant, au lieu d'un miroir, *deux* miroirs disposés de façon que leurs effets se compensent. Il suffit que les deux réflexions successives, toutes deux sous l'incidence de 45°, se fassent dans deux plans d'incidence à angle droit l'une de l'autre. On peut employer pour cela, comme le montre la figure, deux miroirs M', M'' ou deux prismes P'P''. On y a en outre représenté schématiquement une projection sur le plan vertical parallèle à l'axe du dispositif d'éclairage, et, en-dessous, une projection sur le plan horizontal ([3]).

b. Emploi de lames auxiliaires. — Les naturalistes qui utilisent le microscope polarisant emploient, comme on le sait, des lames auxiliaires recouvrant tout le champ, notamment des lames d'une onde. Il est facile de les introduire avec le dispositif décrit. Mais nous avons trouvé avantageux, ici encore, de remplacer ces lames recouvrant tout le champ par des bilames construites à la façon d'une bilame de Bravais. On accentue ainsi par contraste les différences d'intensité ou de teinte qu'on utilise pour déterminer les signes de biréfringence et leur ordre de grandeur. Outre les bilames de Bravais habituelles (d'une onde ou de deux ondes), nous avons trouvé avantageux d'en employer de plus minces : demi-onde et quart d'onde.

Enfin on peut employer aussi des lames cristallines plus minces encore, comme celles qu'on utilise, par exemple, depuis Brace, dans les recherches sur les plus faibles biréfringences. Il est très facile, avec une réflexion auxiliaire, de remplacer au besoin la lumière blanche par un faisceau monochromatique pour produire les pénombres dans les recherches sur les biréfringences artificielles. Dans ces cas on sera conduit le plus souvent à employer un faisceau de lumière monochromatique (en utilisant au besoin une réflexion auxiliaire).

Si l'on réfléchit qu'une foule de substances transparentes ou colorées sont

---

([3]) L'image d'un objet donnée par cette combinaison est bien superposable à l'objet, mais une ligne OX horizontale donne une image qui paraît, pour l'observateur qui regarde dans le microscope, avoir tourné d'un angle droit.

biréfringentes ou le deviennent sous des actions extérieures, que l'on peut rechercher aussi de même l'existence d'un pouvoir rotatoire, on peut espérer avec un tel dispositif étendre à des objets microscopiques bien des procédés d'étude qui n'ont été employés jusqu'ici que dans des laboratoires de physique.

II. Applications du dispositif a des recherches où l'on n'emploie pas la lumière polarisée. — Même dans les recherches où le microscope est utilisé à la manière habituelle, il y a souvent avantage à employer des images auxiliaires.

Par exemple, si l'on place en B un micromètre ou un quadrillage, on en formera une image réduite visible en même temps que les objets étudiés : on pourra ainsi apprécier la grandeur et le nombre de ces objets.

Si l'on veut attirer l'attention sur un point particulier d'une préparation, on peut projeter, à côté de lui, l'image d'un index mobile placé sur le trajet des rayons venant de la lanterne elle-même. Si on le place dans le plan où l'on mettait la bilame B, il pourra être déplacé par les mêmes boutons de manœuvre. Mais on peut aussi placer un tel objet en F plus près de la lanterne L et en projeter (avec une lentille auxiliaire intercalée entre F et B) une image sur le plan B, plus petite ou plus grande que l'objet F. L'image définitive sera vue dans le microscope en même temps que la préparation.

Si l'on se propose, non plus de signaler, mais d'isoler une région de la préparation, on emploiera une fente placée en B et éclairée vivement par le faisceau sorti de la lanterne. Une autre fente à angle droit de la précédente (qui sera par exemple une image d'une fente placée en F) délimitera dans le champ le rectangle où se trouve la partie la plus intéressante de l'objet.

Dans le cas où l'on emploie une fente, si l'on munit l'oculaire d'un prisme à vision directe, on pourra observer le spectre de la ligne lumineuse isolée dans la préparation.

Indiquons enfin que, si dans le plan de B on a formé un spectre, l'image de ce spectre se projettera sur la préparation, et qu'on pourra ainsi voir les effets des différentes radiations simples sur une préparation microscopique donnée.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie des sciences de l'Union des Républiques soviétiques socialistes** invite l'Académie à prendre part à la célébration du 75e anniversaire de la naissance et du 50e anniversaire de l'activité scientifique de M. Vladimir Komaroff, qui aura lieu à Moscou, le 14 octobre 1944.

Un télégramme de félicitations sera envoyé.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** communique une lettre par laquelle le Secrétaire général du Pen Club de Grande-Bretagne exprime aux écrivains

et savants français sa sympathie et sa confraternité chaleureuse à l'occasion de la libération de Paris.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le développement harmonique du potentiel générateur de la marée, par A. T. Doodson.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes d'algèbre et de géométrie.* Note [1] de M. **André Bloch**, présentée par M. Paul Montel.

1. Les théorèmes sur les aires et les volumes associés à un contour gauche [2] ont des analogues pour les centres de gravité (et les moments d'inertie); en particulier :

Soit un contour gauche quelconque; il existe une cubique gauche, osculatrice au plan de l'infini, jouissant de la propriété suivante : si l'on projette le tout sur un plan quelconque, le point de rencontre des deux tangentes inflexionnelles à la cubique plane, situées à distance finie, coïncide avec le centre de gravité de l'aire de la projection du contour.

De là résulte le calcul du volume découpé par deux plans quelconques dans un cylindre passant par le contour.

Dans le cas particulier de la révolution d'un contour d'aire nulle, le théorème général de Gabriel Kœnigs revêt la forme suivante :

Le volume englobé par un contour gauche d'aire nulle tournant autour d'un axe quelconque est égal au produit, par une constante ne dépendant que du contour, du cosinus de l'angle de cet axe avec une direction fixe.

2. *Si, des seize points communs à deux quartiques, trois sont en ligne droite, les treize autres sont les points-base d'un réseau de quartiques, et réciproquement; la droite et chaque quartique du réseau recoupent chacune des deux quartiques en quatre points en ligne droite.*

Si, des seize points communs, six sont sur une conique, les dix autres sont sur une cubique, et réciproquement; la conique et la cubique recoupent chacune des deux quartiques en quatre points en ligne droite; les deux droites ainsi obtenues se coupent sur la cubique.

Si, des seize points communs, sept sont sur une conique, les neuf autres sont les points-base d'un faisceau de cubiques, et réciproquement; la conique et chaque cubique du faisceau recoupent chaque quartique en quatre points en ligne droite; les deux droites ainsi obtenues se coupent sur la conique.

---

(1) Séance du 11 septembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 728; **212**, 1941, p. 41. Dans cette dernière Note, retrancher les mots *d'aire non nulle* de l'énoncé du théorème L et les ajouter à celui du théorème I.

3. Soient

$$f(x, y) = ax^2 + bxy + cy^2; \qquad \varphi(x, y) = x^2 + bxy + acy^2.$$

On a

$$f(x, y)f(x', y') = \varphi(Z, T); \; f(x, y)\varphi(x', y') = f(U, V);$$
$$f(x, y)f(x', y')f(x'', y'') = f(X, Y)$$

respectivement de deux, deux et trois façons différentes. Pour la troisième en particulier

$$X = axx'x'' + bx'x''y + c(-xy'y'' + x'y''y + x''yy');$$
$$Y = a(-x'x''y + x''xy' + xx'y'') + bxy'y'' + cyy'y'',$$

où (x, y) figure dissymétriquement; ce n'est que pour $b = 0$ que l'on a une quatrième représentation parfaitement symétrique.

Quant à la représentation correspondante des nombres entiers, la question de primitivité est visiblement en rapport avec la résolution par rapport à a, b, c du système $X = Y = 0$, et s'élucidera donc sans peine. Une autre question est celle de la diversité effective des trois représentations; elle revient de même à la résolution du système $X \pm X' = Y \pm Y' = 0$.

Le produit de $2n+1$ *expressions* $f(x, y)$ *se met sous cette forme de* C^n_{2n+1} *manières.*

4. Les périodes d'une intégrale abélienne satisfont, d'après Fuchs, par rapport à un paramètre figurant algébriquement dans l'équation de la courbe et dans l'intégrande, à une équation différentielle linéaire à coefficients algébriques, sans second membre, d'ordre égal au nombre des périodes de l'intégrale demeurant linéairement indépendantes quand varie le paramètre.

On démontre aisément de même que, plus généralement :

Si, au lieu d'une période, on considère la valeur de l'intégrale prise entre des limites déterminées, pouvant dépendre algébriquement du paramètre, cette valeur vérifie la même équation linéaire, mais affectée d'un second membre algébrique par rapport au paramètre.

Un théorème analogue est vrai pour les intégrales multiples attachées à une variété algébrique. Même dans le cas des périodes d'une intégrale double, il demande encore à être complètement démontré; il s'énonce alors :

Les périodes d'une intégrale double attachée à une surface algébrique satisfont, par rapport à un paramètre figurant algébriquement dans l'équation de la surface et dans l'intégrande, à une équation linéaire à coefficients algébriques, sans second membre, d'ordre égal au nombre des périodes de l'intégrale demeurant indépendantes quand varie le paramètre.

Si l'intégrale est de première ou de seconde espèce, cet ordre est au plus égal au nombre, déterminé par Poincaré, des cycles à deux dimensions de la surface.

5. *Soit* $a_0 + a_1 x + \ldots$ *une fonction holomorphe dans le cercle-unité, y demeurant au plus égale à un en valeur absolue, et n'y ayant que des zéros*

d'ordre au moins égal à m; alors a lieu l'inégalité

$$|a_1| \leqq m\left(|a_0|^{\frac{m-1}{m}} - |a_0|^{\frac{m+1}{m}}\right),$$

l'égalité n'étant vraie que pour la fonction

$$\frac{a_0}{|a_0|}\left(\frac{x + |a_0|^{\frac{1}{m}} e^{i\lambda}}{|a_0|^{\frac{1}{m}} x + e^{i\lambda}}\right)^m,$$

où λ est réel quelconque.

On reconnaît en effet que l'inégalité, supposée vraie pour deux fonctions, l'est aussi pour leur produit; or elle est vraie pour la fraction $[(x+ce^{i\theta})/(cx+e^{i\theta})]^{M}$ ($0 \leqq c \leqq 1$; θ réel; $M \geqq m$), ainsi que pour une exponentielle (au plus égale à 1); donc elle est vraie en général.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence des solutions de certaines équations aux itérées.* Note de M. **Germain Kreweras**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit

$$(1) \qquad y = ax + by_2 + f(x, y_2) \qquad (|a| = A;\ |b| = B),$$

l'équation que l'on se propose d'étudier, y_2 désignant l'itérée de la fonction inconnue y, et f étant un développement holomorphe commençant par des termes du second degré en (x, y_2). Nous nous proposons de rechercher s'il existe une fonction

$$y = \varphi(x) = \alpha_1 x + \ldots + \alpha_n x^n + \ldots,$$

holomorphe et nulle à l'origine, qui satisfasse à l'équation (1).

La méthode résumée ci-dessous conduit à la conclusion suivante :

1° *si* $4AB < 1$, *il existe au moins une fonction* $\varphi(x)$;

2° *si* $A + B < 1$, condition plus restrictive, *il existe deux fonctions* $\varphi(x)$ *et deux seulement.*

2. Si (1) se réduit à

$$y = ax + by_2,$$

il y a en général deux solutions linéaires, dont l'une, si $4AB < 1$, peut être obtenue par approximations successives au moyen de la suite

$$(2) \qquad \psi^n(x) = \psi^1(x) + b\psi_2^{n-1}(x), \qquad \psi^1(x) = ax;$$

c'est la fonction

$$\varphi(x) = \alpha_1 x = \frac{1 - \sqrt{1 - 4ab}}{2b} x.$$

Le radical a la détermination qui égalerait 1 si B diminuait jusqu'à 0.

Notons que la valeur correspondante de $|\alpha_1|$ est inférieure à 1 pourvu que l'on ait

$$B < \theta(A), \tag{3}$$

$\theta(A)$ étant égal à $1/4A$ pour $A \leqq 1/2$ et à $1 - A$ pour $1/2 \leqq A < 1$.

3. Si (1) est de la forme particulière

$$y = \varphi^1(x) + b y_2, \qquad \left[\varphi^1(0) = 0, \frac{d\varphi_1(0)}{dx} = a\right],$$

la condition (3) entraîne l'existence d'un cercle $|x| = r < R$ dans lequel la suite des fonctions définies par

$$\varphi^n(x) = \varphi^1(x) + b\varphi_2^{n-1}(x)$$

converge uniformément vers une fonction $\varphi(x)$ qui résout le problème. On peut l'établir en montrant :

1° que, *pour* $|x| < R$, *les* $\varphi^n(x)$ *sont bornées dans leur ensemble*, ce qui résulte de la possibilité de satisfaire, quel que soit n, à

$$|\varphi^n(x)| < \psi^n(r),$$

les $\psi^n(r)$ étant définies par des relations analogues à (2)

$$\psi^n(r) = \psi^1(r) + B\psi_2^{n-1}(r), \qquad \psi^1(r) = (A + \varepsilon)r; \tag{4}$$

2° que *la suite normale* $\varphi^n(x)$ *a une fonction limite unique*. Ceci résulte, en posant

$$\varphi^n(x) = a_1^n x + \ldots + a_p^n x^p + \ldots,$$

de la convergence de a_1^n vers la valeur α_1 du paragraphe 1, et de la relation de récurrence

$$a_p^n = a_p^1 + Q_p(a_1^{n-1}, \ldots, a_{p-1}^{n-1}) + b[(a_1^{n-1})^p + a_1^{n-1}]a_p^{n-1} \tag{5}$$

(par suite de la continuité des polynomes Q_p, et de la convergence des suites définies par

$$u_{n+1} = h_n + k_n u_n,$$

lorsque h_n et k_n tendent vers h et k, avec $|k| < 1$).

4. (1) peut s'écrire, dans le cas général, sous la forme

$$y = \varphi^1(x) + \beta(x, y_2)y_2 \qquad [\beta(0, 0) = b].$$

Les raisonnements précédents se généralisent en remplaçant dans (4), B par $B + \varepsilon$, et dans (5), Q_p par un polynome plus compliqué R_p des mêmes variables. La conclusion est la même pourvu que $B < \theta(A)$.

5. Si dans (1) on permute x et y_2, on obtient l'équation aux fonctions inverses de (1). Il en résulte que si $4AB < 1$, comme on a l'une au moins des inégalités

$$B < \theta(A), \qquad A < \theta(B), \tag{6}$$

l'équation (1) a *au moins une solution* du type cherché. Elle peut du reste n'en avoir qu'une.

Si $A + B < 1$, les deux inégalités (6) sont vérifiées; il y a au moins *deux solutions*.

Dans ce dernier cas aucune des équations linéaires

$$\alpha_n = a_n^1 + Q_n(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1}) + b[(\alpha_1)^n + \alpha_1]\alpha_n,$$

qui déterminent les α_n, n'est singulière, car il faudrait pour cela avoir

$$a = \frac{t^{n+1}}{t^n + t}, \qquad b = \frac{1}{t^n + t},$$

ce qui est incompatible avec $A + B < 1$. *Les deux solutions trouvées sont alors les seules.*

Si $4AB > 1$, il peut n'y avoir aucune solution.

GÉODÉSIE. — *Compensation de la dilatation thermique d'une mire verticale par son inclinaison.* Note de MM. **Robert Taton** et **Jean Vignal**, présentée par M. Georges Perrier.

L'*invar* a été introduit dans la construction des *mires verticales de nivellement* en vue de rendre négligeables les effets de leur dilatation thermique, et de supprimer en conséquence, sur le terrain, les lectures de température, et au bureau de calculs les corrections correspondantes.

Mais la dilatation de l'invar, bien que très faible, n'est pas négligeable pour des nivellements très précis. Son instabilité physicochimique, malgré ses récents progrès de fabrication, risque d'entraîner d'une manière inattendue des variations de longueur sensibles. Enfin il doit être employé sous tension assez forte, maintenue invariable, et cette condition est difficilement réalisable sur des mires destinées à des opérations de quelque durée.

On peut songer à remplacer l'invar, comme constituant de la mire, par un métal plus stable, tel que l'acier, et à *compenser sa dilatation thermique par une inclinaison appropriée.* Cette inclinaison serait obtenue *automatiquement*, grâce à un léger déplacement, par rapport au corps de la mire, de la nivelle sphérique utilisée pour sa mise en station verticale.

Inclinaison à réaliser en fonction de la température. — Supposons la mire *correcte* dans la position verticale pour une température t_0, inférieure à la plus basse accusée en cours d'opérations, par exemple $t_0 = -10°$.

Appelons α le coefficient de dilatation de la mire.

Soit i l'inclinaison sur la verticale à donner à la mire, à la température t supérieure à t_0. On doit avoir

$$[1 + \alpha(t - t_0)] \cos i = 1,$$

ou sensiblement

$$\boxed{i^2 = 2\alpha(t - t_0).}$$

Pour une mire de 3^m, en acier ($\alpha = 12 . 10^{-6}$) et pour une variation de température $t - t_0 = 50°$, l'écart du sommet par rapport à la verticale de la base serait de 10^{cm} seulement.

Mode de réalisation automatique de l'inclinaison. — Soient O et A deux points déterminés de la mire, la direction OA étant parallèle à l'axe de la mire. Fixons entre eux, par ses extrémités, une tige souple, d'un métal plus dilatable que la mire, de coefficient de dilatation $\beta > \alpha$. Supposons qu'à la température t_0 cette tige soit rectiligne, sans aucune tension intérieure.

Soient, sur la tige souple, B un point situé entre O et A, B′ le milieu de OB, B″ le symétrique de B′ par rapport au milieu de OA. Posons, à la température t_0,

$$OA = d_0, \qquad OB = x\, d_0.$$

A la température $t > t_0$, la tige prend entre O et A la forme d'un arc, assimilable à un arc de cercle. Pour libérer son jeu en évitant tout arcboutement, on peut employer un ressort exerçant sur elle une légère poussée.

Appelons, à la température t, ω l'angle des droites OA et OB; c'est aussi l'angle de la droite OA avec les tangentes à l'arc en B′ et B″. On voit facilement que

$$\omega^2 = 6(\beta - \alpha)(1 - x)^2(t - t_0).$$

L'angle ω sera constamment égal à l'inclinaison i à condition de prendre

$$(1 - x)^2 = \frac{1}{3}\,\frac{\alpha}{\beta - \alpha}.$$

Pour que cette relation fournisse une valeur de x comprise entre 0 et 1, c'est-à-dire un point B situé entre les points O et A, et par suite aussi des points B′ et B″ situés entre O et A, il suffit qu'on ait $\beta > (4/3)\alpha$, condition facile à réaliser. (Pour les aciers, α varie de 10,8 à $13,7 . 10^{-6}$; pour le cuivre, $\beta = 16,7 . 10^{-6}$; pour un laiton courant, $\beta = 19 . 10^{-6}$.)

Il suffit dès lors de fixer la nivelle sphérique, soit sur une tige rectiligne OB, en la réglant de manière à rendre cette tige verticale; soit sur la tige souple en B′ ou en B″, en la réglant de manière à rendre verticale la tangente à la tige souple en l'un de ces points.

Si $\beta = (4/3)\alpha$, condition réalisable, on a $x = 0$; B et B′ se trouvent en O, B″ en A. Il suffit alors de fixer la nivelle sur la tige souple en O ou en A, en la réglant de manière à rendre verticale la tangente à la tige souple en l'un de ces points.

La longueur $AB = d_0$ de la tige souple est en principe quelconque. Elle ne doit pas être trop faible, à cause du jeu des articulations O et A.

Autre mode de réalisation de l'inclinaison. — Soient encore O et A deux points déterminés de la mire, la direction OA étant parallèle à l'axe de la mire.

Considérons deux tiges rectilignes OB et AB, mobiles autour de O et de A, articulées en un point B, la première OB du même métal que la mire, la seconde AB d'un métal plus dilatable que la mire, de coefficient de dilatation $\beta > \alpha$.

Supposons qu'à la température t_0, le point B se trouve sur l'alignement OA, entre O et A, sans tension intérieure.

A la température $t > t_0$, le point B s'écarte de l'alignement OA. Il est facile de montrer qu'on peut, quels que soient α et β, par un choix convenable du rapport $x = (\mathrm{OB}/\mathrm{OA})$, rendre l'angle $\omega = (\mathrm{OA}, \mathrm{OB})$ constamment égal à l'inclinaison i.

Il suffit de fixer la nivelle sur la tige OB, en la réglant de manière à rendre cette tige verticale.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude, au voisinage d'un obstacle, des trajectoires de particules en suspension dans un courant fluide.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Robert Caron**, présentée par M. Henri Villat.

Des méthodes analytiques ou graphiques ont apporté une contribution à l'étude du mouvement propre, au voisinage d'un obstacle, de particules en suspension dans un courant fluide [1]. L'expérience directe, mettant en œuvre des procédés très variés, a pu confirmer les résultats obtenus par le calcul et en établir d'autres. Donnons le principe des procédés utilisés.

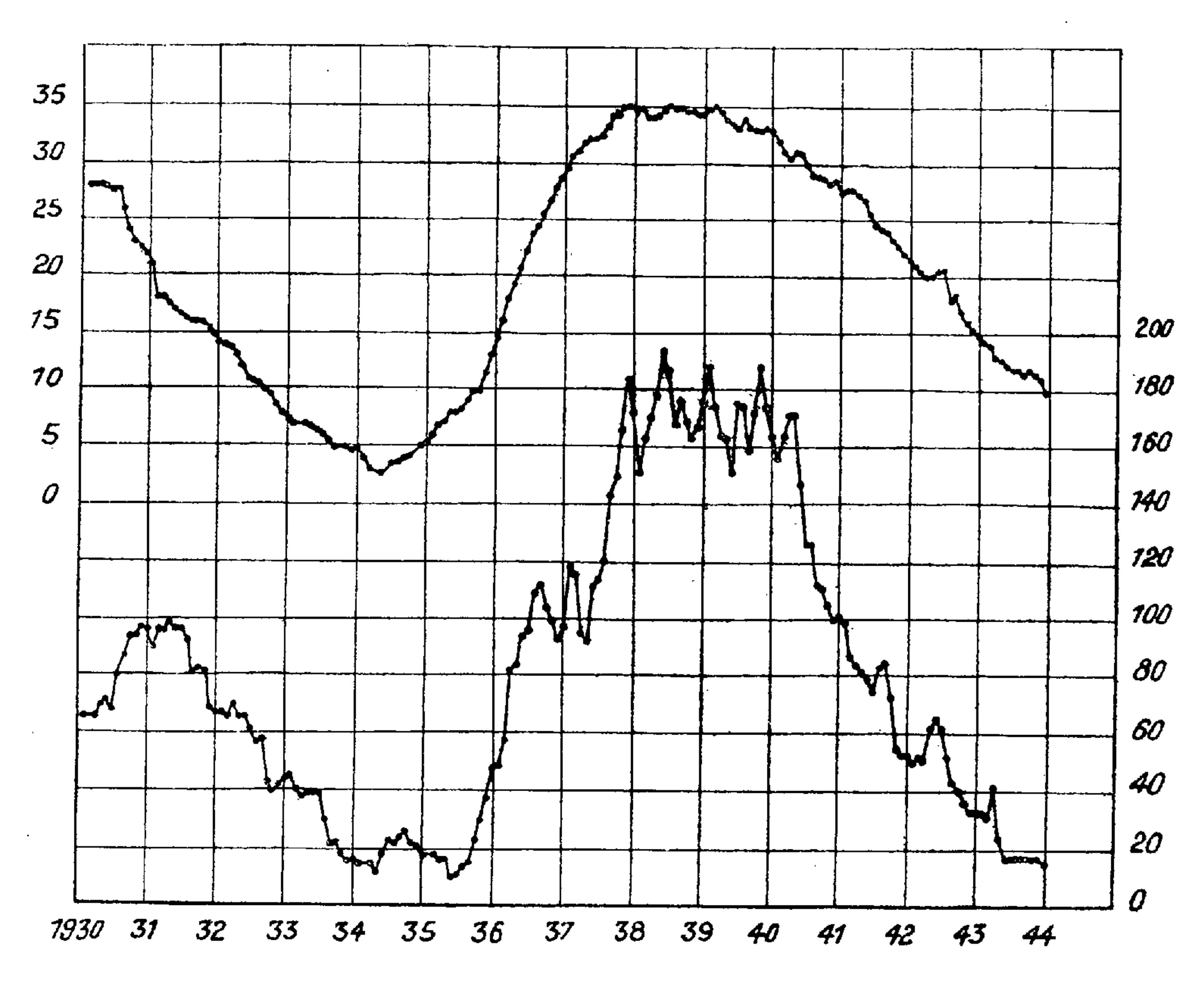
1. L'obstacle est placé dans la veine d'une soufflerie parcourue par un courant d'aérosol (brouillard, par exemple). Les parois sont opaques et noircies intérieurement; l'une cependant comporte une vitre à travers laquelle on peut regarder ou photographier. Un faisceau de lumière, se propageant dans la direction de l'écoulement, est diaphragmé de façon que, seule, soit éclairée la portion de l'écoulement que l'on veut étudier (lame parallèle à l'écoulement, dans le cas d'un écoulement parallèle). Les trajectoires des corpuscules tangentes à l'obstacle sont nettement visibles après le point de contact; elles séparent en effet une zone d'air dépourvu de particules et par suite obscure, d'une zone d'aérosol qui diffuse la lumière et qui est d'autant plus lumineuse que la concentration en particules est plus élevée.

2. Un fil fin, placé dans un courant de brouillard d'eau surfondue, se couvre de givre; nous avons vérifié que, pratiquement, l'épaisseur du dépôt sur la génératrice d'arrêt, indépendante du diamètre du fil, est proportionnelle au temps. Ainsi, au bout d'un temps donné, l'épaisseur de givre, en un point de la génératrice d'arrêt du fil, est proportionnelle au débit unitaire des particules en ce point.

---

[1] E. Brun, G. Fasso et M. Vasseur, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 341; E. Brun et M. Vasseur, *ibid.*, **218**, 1944, p. 636; **219**, 1944, p. 112.

Dès lors, si nous tendons des fils fins dans le voisinage de l'obstacle ou si nous fixons des tiges fines sur l'obstacle, de manière que les axes des fils et des tiges soient approximativement perpendiculaires aux vitesses des particules, il sera possible de savoir, par la mesure d'épaisseur de givre, comment se dis-



Courbe supérieure : *Nombres indices de l'activité solaire (Disque entier) d'après les plages faculaires (floculi) du calcium ionisé.*

Courbe inférieure : *Nombres des perturbations ionosphériques à début brusque signalées par le renforcement des courbes d'atmosphériques sur 11 000 mètres de longueur d'onde.*

Nota *Chaque courbe est établie à l'aide d'un point par mois ; ce point correspond, soit à la moyenne des nombres indices mensuels, soit au nombre de perturbations ionosphériques dans les 12 mois précédents*

tribue le débit unitaire des particules dans le champ qui avoisine l'obstacle. On passe aisément de cette distribution à la forme des trajectoires.

3. L'étude du dépôt des gouttelettes de brouillard sur un obstacle peut se faire en recouvrant celui-ci d'un enduit qui change de couleur sous l'action des gouttelettes. Si la surface est développable, il est plus commode de la recouvrir d'un papier sensible à l'action de l'eau. Nous avons utilisé d'abord un papier glacé recouvert d'un frottis de bleu de méthylène; une goutte, arrivant sur ce

papier, laisse une marque nettement visible, indélébile (²). Nous avons employé ensuite un film photographique impressionné, le brouillard d'eau étant alors remplacé par un brouillard de fort révélateur; le film noircit là où vient s'écraser une gouttelette de révélateur; il suffit ensuite de laver et de fixer le film. Dans les deux cas, et à condition que le passage de brouillard ait été assez bref (de l'ordre de la seconde) pour que les impacts des gouttelettes n'empiètent pas trop les uns sur les autres, on peut étudier la répartition de ces impacts sur la surface de captation; dans le cas d'un écoulement plan par exemple, on peut tracer la courbe de la densité numérique des gouttelettes captées en fonction de l'abscisse mesurée le long d'une section droite.

En soumettant un film impressionné à plusieurs passages successifs de brouillard révélateur, on peut obtenir un noircissement tel que la densité optique aux divers points puisse être enregistrée à l'aide d'un microphotomètre. Tant que la masse de révélateur captée n'est pas trop grande, on peut admettre que la densité optique sur un élément de surface est proportionnelle à la masse de révélateur reçue par cette surface. La variation de la densité optique le long d'un arc donne alors la variation de la densité de captation le long de cet arc.

Pour un brouillard simple, la densité numérique serait, en tous points, proportionnelle à la densité de captation; il n'en est plus de même pour un brouillard complexe, l'écart entre les deux courbes dépend du degré de complexité du brouillard.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur certains types d'interactions corpusculaires.* Note de M. **Gérard Petiau**.

Nous nous proposons l'étude des interactions susceptibles de s'exercer entre corpuscules de spins quelconques par l'intermédiaire d'échanges d'autres corpuscules de spins entiers.

Nous représentons les corpuscules en interactions par des équations d'ondes du type

$$\frac{h}{2\pi i}\partial_t(\Lambda_{4k-1,0})\psi = \left(\frac{h}{2\pi i}\partial_p\Lambda_{4k-1,p} - m_0 c\Lambda_{4k}\right)\psi. \tag{1}$$

Les fonctions d'ondes solutions de cette équation représentant d'une façon générale le corpuscule de spin maximum $kh/4\pi$ se répartissent en classes irréductibles, et des conditions restrictives sur les solutions fixent l'état corpusculaire apparent à un état de spin total inférieur à k et à une masse apparente supérieure à m_0. C'est ainsi que, dans l'état de semi-annihilation d'ordre $l(2l<k)$, le corpuscule se comporte comme un corpuscule de spin total maximum $(k-2l)(h/4\pi)$ et de masse $km_0/(k-2l)$.

(²) M. Pauthenier et E. Brun, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 295.

Le corpuscule (1), quel que soit son état, est caractérisé par des grandeurs représentées par des matrices de la forme

$$A_{a_1^{r_1}, a_2^{r_2}, \ldots, a_s^{r_s}} = \frac{r_1!\, r_2!, \ldots, r_s!}{k!} \left(\Sigma \alpha^1_{a_1}, \ldots; \alpha^{r_1}_{a_1} \alpha^{r_1+1}_{a_2}, \ldots \alpha^{r_1+r_2+\ldots+r_s}_{a_s}\right)$$
$$(r_1 + r_2 + \ldots + r_s = k),$$

la somme étant étendue à toutes les permutations des indices.

Les corpuscules servant d'intermédiaires à l'interaction seront représentés par les fonctions $\psi^{(2n)}$ solutions d'une équation du type (1) avec $k = 2n$ dans un état d'évolution complète. Ces corpuscules seront alors représentables par des ondes tensorielles, et en particulier l'état de spin n total maximum sera inclus dans le système des ondes d'évolution complète et représenté par les ondes $\Phi^{\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n}$; $\Phi^{\mu\nu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n}$; ...; $\Phi^{\mu\nu_1, \mu\nu_2, \ldots, \mu\nu_n}$.

L'interaction entre un corpuscule de spin $kh/4\pi$ et un corpuscule de spin $nh/2\pi$ $(n < k)$ se traduira dans l'hamiltonien du corpuscule de spin $kh/4\pi$ par la présence d'un terme d'interaction de la forme

$$H_1 = g_0 A_{\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n} \Phi^{\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n} + g_1 A_{\mu\nu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n} \Phi^{\mu\nu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n} + \ldots + g_n A_{\mu\nu_1, \ldots, \mu\nu_n} \Phi^{\mu\nu_1, \mu\nu_2, \ldots, \mu\nu_n}.$$

Nous allons chercher à déterminer le potentiel équivalent à l'interaction entre deux corpuscules de spin $kh/4\pi$ par échange de corpuscules de spin $nh/2\pi$ en nous bornant aux termes en g_0, en utilisant la méthode indiquée par L. de Broglie [1] dans le cas des interactions résultant d'échange de photons.

Les fonctions $\Phi^{\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n}$, ondes planes normalisées se propageant dans la direction de l'axe oz, se représentent par

$$\Phi^{1^r, 2^{n-m-r}, 3^s, 0^{m-s}} = \frac{2^{\frac{n}{2}} C(-i)^{n-m-r}}{\sqrt{k_0^{2n-1} k v}} k_0^{n-m} k^s \vec{k}^{m-s} e^{i[k t - \vec{k} z]}$$

et se répartissent en classes suivant leur ordre de longitudinalité m.

Pour une onde de type longitudinal m, la probabilité d'émission est

$$\frac{2^{\frac{n}{2}} C(-i)^{n-m-r} g_0}{\sqrt{k_0^{2n-1} k v}} \sum_{s=0}^{m} C_s^m A_{0^{m-s}, 3^s, 1^r, 2^{n-m-r}} k_0^{n-m} k^s \vec{k}^{m-s},$$

et la probabilité du processus global, émission et absorption, de poids $n!/[m!r!(n-m-r)!]$ est

$$\frac{g_0^2}{K-k} \frac{2^n C^2 k_0^{2(n-m)}}{k_0^{2n-1} k v} \frac{2\pi}{hc} \left[\sum_{s=0}^{m} C_s^m A^{(1)}_{0^{m-s}, 3^s, 1^r, 2^{n-m-r}} k^s \vec{k}^{m-1}\right] \left[\sum_{s=0}^{m} C_s^m A^{(2)}_{0^{m-s}, 3^s, 1^r, 2^{n-m-r}} k^s \vec{k}^{m-s}\right].$$

D'autre part, si l'on néglige dans la somme les termes de la forme

$$A_{0^{m-s}, 3^s, 1^r, 2^{n-m-r}} k^s \vec{k}^{m-s} = A_{0^{m-s+1}, 3^{s-1}, 1^r, 2^{n-m-r}} k^s \vec{k}^{m-s-1} K,$$

[1] *Une nouvelle théorie de la lumière*, 2, Paris, 1942, p. 117.

si l'on remplace C^2 par sa valeur $hc/8\pi k_0$ et si l'on tient compte du terme ${}_{(2)}H^{(1)}$ correspondant à l'échange de la quantité de mouvement $-\vec{k}$, on trouve la probabilité globale

$$H_{(1)}=\frac{2^{n-1}(-1)^n g_0^2}{k_0^{2n}\nu[K^2-k^2]}\sum_{m=0}^{n}\sum_{r=0}^{n-m}\frac{n!}{m!\,r!\,(n-m-r)!}$$
$$\times\Big[(-1)^m A^{(1)}_{0^m,1^r,2^{n-m-r}}A^{(2)0^m,1^r,2^{n-m-r}}\vec{k}^{2m}+A^{(1)}_{3^m,1^r,2^{n-m-r}}A^{(2)3^m,1^r,2^{n-m-r}}k^{2m}\Big].$$

Négligeant les termes en $A_{\dots,3^m,\dots}\vec{k}$, $A_{\dots,3^m,\dots}k^{2m}$ est équivalent à $A_{\dots,3^m,\dots}k_0^{2m}$ et il vient

$$H_{(1)}=\frac{2^{n-1}(-1)^n g_0^2}{k_0^{2n}\nu[K^2-k^2]}\left[\sum_{m=0}^{n}\frac{n!}{m!\,(n-m)!}(-1)^m k_0^{2(n-m)}\vec{k}^{2m}A^{(1)}_{0^m,p_1,\dots,p_{n-m}}A^{(2)0^m,p_1,\dots,p^{n-m}}\right]$$
$$(p_r=1,2,3),$$

ce qui s'écrit encore

$$\frac{2^{n-1}(-1)^n g_0^2}{k_0^{2n}\nu[K^2-k^2]}\Big[k_0^{2n}A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n}-k_0^{2n-2}k^2(A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n})_0+\dots$$
$$+(-1)^p k_0^{2(n-p)}k^2\vec{k}^{2(p-1)}(A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n})_{0_p}+\dots+(-1)^n k^2\vec{k}^{2n-2}(A^{(1)}_{0_n}A^{(2)0_n})\Big],$$

l'indice $(\dots)_{0_p}$ indiquant que l'on considère seulement dans la somme les composantes contenant l'indice zéro, p fois.

Négligeant les termes en K^2, il reste

$$H_{(1)}=\frac{2^{n-1}(-1)^{n-1}g_0^2}{\nu}\left[\frac{A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n}}{k^2}-\frac{(A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n})_0}{k_0^2}+\dots\right.$$
$$\left.+(-1)^p\frac{\vec{k}^{2(p-1)}}{k_0^{2p}}(A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n})_{0_p}+\dots+(-1)^n\frac{\vec{k}^{2n-2}}{k_0^{2n}}(A^{(1)}_{0^n}A^{(2)0^n})\right].$$

On voit facilement que le premier terme correspond au potentiel

$$V(|\vec{r}|)=2^{n-1}(-1)^{n-1}g_0^2(A^{(1)}_{\mu_1,\dots,\mu_n}A^{(2)\mu_1,\dots,\mu_n})\frac{e^{-k_0|\vec{r}|}}{4\pi|\vec{r}|},$$

et les autres à des potentiels de coïncidence dépendant successivement des fonctions $\delta(\vec{r})$, $\delta''(\vec{r})$, $\dots$, $\delta^{2p-2}(\vec{r})$, $\dots$, $\delta^{2n-2}(\vec{r})$. On déduit en particulier de $V(\vec{r})$ le sens attractif ou répulsif des interactions suivant que n est pair ou impair.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Perturbation des problèmes de valeurs propres par modification de la frontière : cas des équations de la Mécanique ondulatoire.* Note de M. **Robert Courtel.**

On sait calculer ([1]) la perturbation apportée aux valeurs propres de l'opérateur Δ lors d'une modification de la frontière sur laquelle est imposée

([1]) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 261.

la C. L. (condition aux limites) $\psi_0 = 0$ ou $\partial\psi_0/dn = 0$. Ce résultat s'étend aux opérateurs de la Mécanique ondulatoire (équations de Schrödinger et de Dirac) lorsque l'on convient d'imposer sur la frontière Σ_0 certaines conditions aux limites privilégiées $A_0\psi_0 = 0$ appartenant aux types

$$\psi_0 = 0 \qquad \text{ou} \qquad a_0\psi_0 + b_0\frac{\partial\psi_0}{\partial n} = 0.$$

1. Pour traiter en même temps l'équation de Schrödinger et celle de Dirac, nous supposerons cette dernière écrite à l'aide des nombres de Clifford γ_α ($\alpha = 1, 2, 3, 4$) sous la forme (²)

$$(1) \qquad \overrightarrow{H_0}\psi_0 = \hbar c\left\{\sum_1^3 \gamma_\alpha\left(\frac{\partial}{\partial x_\alpha} - \frac{ie}{\hbar c}A_\alpha\right) + \frac{m_0c^2 + V\gamma_4}{\hbar c}\right\}\psi_0 = E_0\gamma_4\psi_0,$$

la fonction ψ_0 se présentant comme une forme à coefficients complexes, linéaire dans les seize nombres hypercomplexes $1, \gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_{1234}$. L'équation adjointe est alors

$$(2) \qquad \overline{\psi_0}\overleftarrow{H_0} = \hbar c\overline{\psi_0}\left\{\sum_1^3\left(-\frac{\partial}{\partial x_\alpha} - \frac{ie}{\hbar c}A_\alpha\right)\gamma_\alpha + \frac{m_0c^2 + V\gamma_4}{\hbar c}\right\} = E_0\overline{\psi_0}\gamma_4,$$

elle a pour solution $\overline{\psi_0}$ la forme adjointe à ψ_0. On a la relation générale

$$v\left(\overrightarrow{H_0}u\right) - \left(v\overleftarrow{H_0}\right)u = \hbar c\sum_1^3\frac{\partial}{\partial x_\alpha}v\gamma_\alpha u = \operatorname{div.}\vec{\delta}(v, u)$$

(définition de l'opérateur adjoint à $\overrightarrow{H_0}$); la condition d'humidicité se traduit par $\int_{\Sigma_0}\delta_n(v, u)\,d\sigma = 0$ pour tout couple de fonctions v, u satisfaisant à la C. L. imposée sur Σ_0; la condition de normalisation est $\int_{D_0}\overline{\psi_0}\gamma_4\psi_0\,dt = \Gamma$, où Γ facteur de réduction du type $1/4$, par exemple $\Gamma = 1/4(1 + i\gamma_{12})(1 + \gamma_4)$.

2. Le raisonnement qui suit vaut en même pour l'équation de Schrödinger $H_0\psi_0 = E_0\psi_0$, à condition d'y faire formellement $\Gamma = \gamma_4 = 1$, et de ne pas attacher d'importance à l'ordre des facteurs.

Revenons d'abord à un problème de modification de la C. L. sans modification de la frontière, en évaluant la partie principale de l'expression $(A_0\psi)_{\Sigma_0}$, ψ nouvelle solution $\psi = \psi_0 + \varphi$, φ très petite avec h distance de Σ_0 à la nouvelle frontière Σ comptée positivement vers l'extérieur de Σ_0. A des termes près du second ordre en h et φ, on a (en admettant que $((\partial/\partial n)(A_0\psi_0))_\Sigma$ n'est pas $\equiv 0$)

$$(A_0\psi)_{\Sigma_0} \sim -\left(h\frac{\partial}{\partial n}(A_0\psi)\right)_\Sigma \sim -\left(h\frac{\partial}{\partial n}(A_0\psi_0)\right)_{\Sigma_0},$$

(²) Voir par exemple, pour cette notation, SOMMERFELD, *Atombau*, **2**, chap. IV (2ᵉ édit., 1939).

expression dont la valeur résulte de la donnée de Σ et des caractéristiques du problème supposé déjà résolu pour le domaine D_0.

Pour calculer alors la perturbation ε de la valeur propre E_0, que nous supposons d'abord simple, on part de l'équation adjointe

$$(\overline{\psi_0+\varphi})\overleftarrow{H_0}=(E_0+\varepsilon)(\overline{\psi_0+\varphi})\gamma_4,$$

que l'on simplifie en tenant compte de la linéarité de H_0 et négligeant les termes d'ordre supérieur à 1 en ε et φ

$$(3)\qquad \overline{\varphi}\overleftarrow{H_0}=E_0\overline{\varphi}\gamma_4+\varepsilon\overline{\psi_0}\gamma_4.$$

Multipliant alors (3) à droite par ψ_0, (1) à gauche par $\overline{\varphi}$ et retranchant membre à membre, il vient

$$(4)\qquad \left(\overline{\varphi}\overleftarrow{H_0}\right)\psi_0-\overline{\varphi}\left(\overrightarrow{H_0}\psi_0\right)=\varepsilon\overline{\psi_0}\gamma_n\psi_0,$$

que l'on intègre dans D_0. Le coefficient de ε est alors $\int_{D_0}\overline{\psi_0}\gamma_4\psi_0\,d\tau=\Gamma$, connu, tandis qu'au premier membre on a à calculer l'intégrale $I=-\int_{\Sigma_0}\mathfrak{d}n(\overline{\varphi},\,\psi_0)\,d\sigma$.

On voit que l'on pourra calculer effectivement ε toutes les fois que la connaissance de $(A_0\psi)_{\Sigma_0}=(A_0\psi_0+A_0\varphi)_{\Sigma_0}=(A_0\varphi)_{\Sigma_0}$ entraînera d'une manière ou de l'autre celle de J.

3. Dans le cas de l'équation de Schrödinger pour un corpuscule, on peut mettre J sous la forme

$$(5)\qquad J=-\int_{\Sigma_0}\frac{2im}{\hbar}\left\{\left(\frac{\hbar}{2im}\frac{\partial\psi_0}{\partial n}-\frac{eA_n}{2mc}\psi_0\right)\overline{\varphi}+\left(-\frac{\hbar}{2im}\frac{\partial\overline{\varphi}}{\partial n}-\frac{eA_n}{2mc}\overline{\varphi}\right)\psi_0\right\}d\sigma.$$

On voit que les C. L. $\psi_0=0$ ou $[(\hbar/i)(\partial/\partial n)-(e/c)A_n]\psi_0=\left[\vec{p}-(e/c)A\right]_n\psi_0=0$ (annulation de la densité de présence, ou de la composante normale de la vitesse, en tout point de Σ_0) suffisent à assurer la possibilité cherchée, car elles permettent le calcul de l'élément intégrant de J en tout point de la frontière.

On a alors comme expression de la perturbation (en première approximation)

$$\varepsilon=\int_{\Sigma_0}\frac{2im}{\hbar}\,d\sigma+h\frac{\partial\overline{\psi_0}}{\partial n}\left(\frac{\hbar}{2im}\frac{\partial\psi_0}{\partial n}-\frac{eA_n}{2mc}\psi_0\right)$$
$$+h\psi_0\frac{\partial}{\partial n}\left(-\frac{\hbar}{2im}\frac{\partial\overline{\psi_0}}{\partial n}-\frac{eA_n}{2mc}\psi_0\right).$$

Plus généralement, on voit qu'il en sera ainsi pour toute C. L. de la forme

$$\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial u}-\frac{e}{c}A_n\right)\psi_0=is\psi_0.$$

s réel quelconque, car on peut ajouter et retrancher $is\psi_0\overline{\varphi}$ dans la { } de (5) sans changer sa forme.

Si l'on note que ces conditions assurent l'une et l'autre l'annulation, en tout

point de la frontière, de la composante normale à Σ_0 du courant correspondant à l'état stationnaire ψ_0; qu'elles entraînent automatiquement satisfaction de la condition d'humidicité, ce qui est essentiel pour assurer au problème un sens physique [et permet, comme on le sait, d'affirmer l'existence d'une suite spectrale de valeurs propres E_0, sous la réserve toutefois que dans certains cas on ne doive satisfaire à la C. L. qu'*en moyenne* et non au sens strict], on est amené à les considérer comme les conditions naturelles à adjoindre au problème $H_0\psi_0 = E_0\psi_0$ dans le cas où la frontière est à distance finie. On remarque que $\partial\psi_0/\partial n$ n'est condition privilégiée qu'en l'absence de champ magnétique $\left(\text{si l'on prend } \vec{A} = 0\right)$.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur la représentation fonctionnelle du déclin de la phosphorescence du* ZnS(Cu). Note de M. **Jean Saddy**, présentée par M. Frédéric Joliot.

De très nombreuses formules ont été proposées pour représenter le déclin de la phosphorescence. Celle d'Edm. Becquerel, $I = A(t+a)^{-\alpha}$, a été souvent utilisée, de même que les expressions plus simples qui en découlent, $I = B/(t+b)^2$ et $I = Ct^{-\gamma}$; celle-ci a été préconisée à plusieurs reprises ces temps derniers. D'autre part G. Destriau ([1]) a récemment proposé la forme exponentielle $I = I_0\, e^{-k\sqrt{t}}$ pour le début du déclin d'un ZnS(Cu).

Toutes ces formes simples sont incertaines, du fait de la complexité des causes auxquelles sont dus les phénomènes de phosphorescence. Lenard ([2]), admettant l'existence d'un très grand nombre de centres luminogènes d'origines variées, est conduit à représenter la décroissance du CaS(Bi) par une somme d'exponentielles $I = \Sigma B\, e^{-kt}$; ses résultats ont été confirmés par de nouvelles déterminations de Kuppenheim ([3]) sur CaS(Bi). Maurice Curie ([4]) n'admet pas l'existence de centres à constitutions chimiques différentes en nombre pour ainsi dire illimité, et les remplace par des possibilités de fixation différentes des électrons de phosphorescence dans le réseau du diluant; mais ceci le conduit évidemment à la même conclusion que Lenard.

Je me suis proposé, par des mesures précises et poursuivies sur un temps prolongé, de mettre encore une fois à l'épreuve ces différents types de formules.

Le produit sur lequel ont porté mes observations est un ZnS(Cu) excité à saturation par le rayonnement ultraviolet fourni par l'arc au mercure à travers un écran de Wood. Le déclin de la phosphorescence était étudié à l'aide d'un photomètre à glazebrooks; les mesures débutaient 20 secondes après la fin de

---

([1]) *Journ. de Phys.*, 4, II, 1943, p. 32.

([2]) P. Lenard, R. Tomaschek et F. Schmidt, *Phosphorescenz und Fluorescenz*, 1928.

([3]) *Ann. der Phys.*, 70, 1923, pp. 81 et 113.

([4]) *Thèse*, Paris, 1923.

l'excitation et s'étendaient sur un intervalle de temps d'un peu plus de 6 heures, jusqu'au seuil de perception visible à travers le photomètre.

J'ai comparé les types de formules suivants :

a. $I = A(t+a)^{-\alpha}$;

b. $I = Ct^{-\gamma}$;

c. $I = I_0 e^{-k\sqrt{t}}$;

d. $I = B_1 e^{-k_1 t} + B_2 e^{-k_2 t} + B_3 e^{-k_3 t} + \ldots$;

e. $I = I_0 + I_1(t+a)^{-m} + I_2(t+a)^{-2m} + I_3(t+a)^{-3m} + \ldots$.

Les différents coefficients numériques étaient déterminés par des graphiques à coordonnées logarithmiques. Le tableau ci-après donne, pour un certain nombre de points répartis sur l'ensemble du déclin, les écarts relatifs $(I_c - I_e)/I_c$ pour les différentes formules (I_e = intensité trouvée expérimentalement, I_c = intensité calculée à partir des formules).

	Écarts % pour les différentes formules.											
Temps en min....	1/2.	1.	2.	3.	5.	8 1/2.	17 1/2.	31.	54.	1 h 47.	2 h 19.	6 h 40.
$A(t+a)^{-\alpha}$.......	3	1	0	1	0	0	0	2	10	20	34	95
$I = I_0 e^{-k\sqrt{t}}$.......	2	4	5	5	6	6	33	136	–	–	–	–
$\Sigma B_i e^{-k_i t}$..........	0	0,5	0	1	3	0	0	0	0	0	5	25
$\Sigma I_n(t+a)^{-nm}$....	0,6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La forme réduite $Ct^{-\gamma}$ n'a pas été retenue : le graphique logarithmique ne présentait une partie sensiblement rectiligne qu'en son milieu seulement.

D'après ces mesures les types de formules à terme unique ne peuvent être retenus qu'à titre de première comparaison des déclins de différentes substances, celles-ci étant alors caractérisées, par exemple, par la valeur de la constante α de la formule $A(t+a)^{-\alpha}$. Pour une représentation plus précise, il faut en venir à une formule à termes multiples. Le type en somme d'exponentielles à exposants du premier degré en t, proposé par Lenard et ses collaborateurs, et dont la valeur a été vérifiée par eux sur un CaS(Bi), convient aussi fort bien au ZnS(Cu), ainsi qu'il résulte de mes mesures. J'ai montré que l'on peut, sans plus de difficultés dans l'établissement des formules et en arrivant à une précision au moins aussi bonne, utiliser une représentation en somme de termes hyperboliques. Cependant le type en somme d'exponentielles me paraît préférable en ce qu'il a l'avantage d'indiquer en gros la répartition des durées de vie au cours du déclin de la luminescence, les coefficients k étant en raison inverse des durées de vie moyenne.

GÉOLOGIE. — *Les phases orogéniques dans le tronçon murcian des Cordillères bétiques.* Note de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le tronçon compris entre le Rio Segura et la Sierra Nevada, l'orogénèse des Cordillères bétiques s'est produite en trois paroxysmes principaux dont la

localisation a varié transversalement de l'Éocène au Pontien [1], les nappes bétiques étant nummulitiques, les charriages subbétiques, post-burdigaliens et anté-vindoboniens, et une dernière étape ayant donné les plis à grand rayon de courbure, post-pontiens, de la moyenne zone bétique.

Il est possible d'ajouter des précisions à ces données, notamment quant à la propagation des efforts du Bétique au Subbétique.

Au revers oriental de la Sierra de Pedro Ponce (massif interne du Subbétique, séparé du Bétique de la S^a Espuña par une importante extension de Néogène) des dislocations de style antibétique ont donné une série des plis étroits axés S.-N, où sont pincés des calcaires à Lépidocyclines. H. Douvillé avait reconnu dans des échantillons provenant du Cortijo de la Higuerica *Nephrolepidina Tournoueri*, *N. Morgani* et *N. marginata*. Un second gisement du même faisceau de plis m'a fourni près du C^o del Francés les mêmes espèces, déterminées par M. Abrard.

Trois ou quatre kilomètres plus au N, au Cerro el Castellar, sur le prolongement de ces replis, reposent, transgressifs et d'ailleurs assez inclinés, des grès et marnes burdigaliens [2]. *Le plissement est donc ici exactement post-aquitanien et anté-burdigalien.*

Les dépôts miocènes étendus entre le pied SE du C^o el Castellar, Pliego et le N de la S^a Espuña fournissent une seconde donnée.

Le Rio de Pliego traverse ces dépôts qu'il entame profondément, mettant en relief l'importante Muela del Acero, où peuvent être distingués trois termes stratigraphiques séparés par des discordances.

A la base de la série apparaissent des conglomérats grossiers, colorés en rouge par du Permo-Trias, dont les débris proviennent du démantèlement de la nappe de Malaga. Ce complexe, stérile, ne peut être, de par son faciès, que Miocène. J'en fais du Burdigalien.

Sur la tranche de ses couches repose une série composée d'un mince niveau basal détritique, de calcaires à *Lithothamnium* ($1^m,50$-2^m), de mollasses tendres à Clypéastres (1^m-$1^m,50$), de grès peu épais, puis de marnes bleues à *Amussium* ($> 20^m$).

Les couches à *Lithothamnium* contiennent *Flabellipecten incrassatus, Macrochlamys sub-Holgeri, Oopecten* cf. *gigas*. Les mollasses ont fourni *Flabellipecten Vinassai, Fl. fraterculus, Fl. Ugolini, Fl. Guebhardi, Amussium denudatum*. Cet ensemble est donc Hélvétien. Il supporte, en discordance atténuée, un complexe de marnes blanches et de grès, terminé par une sorte de travertin à Limnées indéterminables, que l'on ne peut dater paléontologiquement. Toutefois le fait qu'il soit encore incliné, c'est-à-dire qu'il ait participé à un dernier cycle de mouvements, incite à le rapporter au Néogène supérieur.

Ainsi, à 2-3^{km} du front bétique voit-on enregistrés : 1° le dépôt du Burdigalien détritique empruntant ses matériaux à la nappe bétique la plus élevée; 2° une phase orogénique post-burdigalienne et anté-hélvétienne, c'est-à-dire contemporaine des charriages qui se produisent à ce moment 30-35^{km} plus au NW, au front du Subbétique; 3° une phase d'importance minime, post-hélvétienne; 4° une répercussion probable des plissements post-pontiens qui ont affecté les portions plus internes du Bétique.

Sur ce tronçon des Cordillères, nous sommes donc en mesure de préciser la succession des phénomènes orogéniques :

---

(1) P. Fallot, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 717; M. Blumenthal et P. Fallot, *Mém. Soc. Esp. H. Nat.*, **17**, 1935, p. 66.

(2) P. Fallot, *Mém. R. Soc.Esp.H. Nat.*, **15**, 1929, p. 249.

Après l'achèvement, au Nummulitique, des charriages bétiques, la zone bétique a transmis les poussées à la zone subbétique dont les parties internes ont réagi, à la fin de l'Oligocène, par les plissements de la Sierra de Pedro Ponce. Ces efforts ont pu se propager plus au N, mais on n'en a pas de preuves.

Sans que soient troublées les conditions de sédimentation dans les bassins miocènes internes établis en zone bétique, les efforts ont repris, vers l'extérieur, à la fin du Burdigalien, disloquant les conglomérats de la Muela del Acero et décollant la série subbétique dont le front a chevauché le Burdigalien de Moratalla-San Juan Bautista.

Après une érosion plus ou moins prononcée selon les endroits, la transgression vindobonienne, partie des bassins bétiques, a envahi la zone subbétique, dont les massifs précédemment individualisés ont dû constituer tout un archipel. La discordance coupant le Miocène supérieur de la Muela del Acero témoigne de l'instabilité, pendant le Vindobonien, de la soudure entre Bétique et Subbétique.

Enfin est survenue l'orogénie post-pontienne. Mais celle-ci n'est pas limitée aux grands plis bétiques déjà signalés. Bien que la rareté des dépôts pontiens empêche de définir la part qui lui revient en zone subbétique, il faut y noter aux mines de soufre d'Abaran (Murcie) ([3]), puis dans le Prébétique, à celles de Hellin (Albacete), des plis qui, au moins localement, sont transverses aux directions des accidents antérieurs. Par ce dernier gisement on atteint d'ailleurs les avancées du bâti mésetain, où sont connues des déformations du même âge, mais qui n'ont plus de relations directes avec celles des Cordillères bétiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Effet d'ondes sonores sur un nuage.*
Note de M. **Eric Pellerin.**

Le 14 août 1944, à Auguaise, prés de Laigle (Orne), à 11h45 environ (heure légale), par un temps clair et calme et un vent d'Ouest presque imperceptible, le milieu du ciel était occupé par une sorte de grand cirrus blanchâtre assez ténu, d'origine artificielle, car il était formé des restes d'une traînée blanche laissée par un avion à haute altitude. Ayant le Soleil dans le dos, nous remarquâmes que le nuage était parcouru par des lignes alternativement claires et sombres, ressemblant tout à fait à des rides à la surface de l'eau, et se déplaçant dans une direction perpendiculaire à leur tracé, à une vitesse sensiblement supérieure à celle d'un avion. Tantôt ces lignes étaient isolées, tantôt elles arrivaient par trains d'une dizaine et même plus.

Chaque ligne ou train de lignes se déplaçait dans une direction et à une vitesse constante, mais émanait d'un des points de l'horizon d'où nous parvenaient les bruits des combats qui se livraient dans la région.

([3]) J. Meseguer Pardo, *Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp.*, 45, 1924, pp. 133-214.

Aux plus fortes détonations correspondaient les lignes les plus accentuées. Souvent plusieurs lignes provenant de différentes directions se croisaient.

Je fis constater le fait par plusieurs personnes. Ce phénomène, qui dura une vingtaine de minutes, ne se produisait pas sur quelques petits nuages naturels situés plus bas sur l'horizon.

Le passage des ondes sonores nous était ainsi rendu visible par une modification des propriétés optiques du nuage artificiel.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des inhibiteurs classiques de l'oxydation de l'adrénaline sur la résistance capillaire du Cobaye.* Note (1) de M. **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans l'hypothèse émise par Neumann et moi-même (2) pour rendre compte de l'activité des préparations naturelles de vitamine P sur les parois des capillaires, on supposait que la nouvelle vitamine pouvait exercer ses effets en retardant l'inactivation de l'adrénaline dans l'organisme.

Nous avions montré que cette hormone, qui s'oxyde avec une très grande vitesse, peut être protégée contre l'oxydation par les préparations naturelles de vitamine P, par des dérivés de la flavone et du flavonol (3), par des catéchines (4), toutes substances définies auxquelles on a trouvé ensuite des propriétés de vitamine P. Avec Parrot et Sevestre j'ai montré que l'épicatéchine, substance très active comme vitamine P, prolonge les effets de l'adrénaline chez l'animal vivant (5).

Ainsi semblait se confirmer un lien entre deux propriétés, l'activité sur la résistance capillaire et la protection de l'adrénaline contre l'oxydation. Cela ne suffisait pourtant pas à démontrer que les vitamines P exercent leur action dans l'organisme en protégeant l'adrénaline. Pour le prouver il fallait montrer 1° que l'adrénaline elle-même élève la résistance capillaire : c'est ce que Parrot et moi-même avons établi (6); 2° que les inhibiteurs classiques de l'oxydation de l'adrénaline sont actifs sur la résistance capillaire. Ce dernier point me semble suffisamment démontré par les expériences ci-après résumées.

Les substances à essayer sont dissoutes dans le sérum physiologique et injectées dans la cavité intrapéritonéale du Cobaye normal (non scorbutique). La résistance capillaire est déterminée par la méthode de succion (méthode de Zacho), en cherchant la plus petite dépression qui, exercée sur la peau pendant

---

(1) Séance du 18 septembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 251-253.

(3) *Ibid.* et J. Lavollay, *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 1193; *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 287-290.

(4) Expériences de 1941 inédites.

(5) J. Lavollay et J.-L. Parrot, *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 496-498; J. Lavollay, J.-L. Parrot et J. Sevestre, *ibid.*, **217**, 1943, p. 540.

(6) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 211.

quinze secondes le long de la colonne vertébrale, suffit à faire éclater les capillaires superficiels.

Substance injectée.	Dose.	Résistance capillaire en cm de mercure	
		Avant.	Après des temps variables.
Glycocolle	1mg	15cm	1h.30, > 50cm
d-alanine	1	15	1h.30, 19; 19h.30, 23
l-proline	3	19	1h.30, 21; 24h., > 50
Cystéine	3	16	1h.45, 21
»	3	14	6h., 20; 27h., 23; 52h.30, 16
Sulfocyanure de potassium.	3	10	4h.30, 32; 23h., 23; 3j., 21; 4j., 20
Thiourée	3	18	1h.30, 30; 24h., 30; 2j., 19
Carb. de guanidine	3	8,5	16h, 32; 22h., 22; 2j., 19; 4j., 18
Acétochloroforme	3	17	1h.20, 30; 18h., 32; 24h., 35; 2j., 23; 5j., 21
Ac. ascorbique	10	12	24h., 20.
Pyrogallol	3	20	1h.05, 35; 18h.45, 40
Pyrocatéchol	3	21	4h.15, 24
»	3	20	20h.30, 23; 40h., 20.
Hydroquinone	3	16	1h.15, 16; 18h.30, 18; 48h., 15.

Les substances protectrices de l'adrénaline renforcent donc bien la résistance capillaire et certaines se révèlent d'une très grande activité. Les acides aminés, bons inhibiteurs de l'oxydation de l'adrénaline *in vitro* (7), prolongent ou amplifient *in vivo* certains des effets physiologiques de cette substance (8), ils se révèlent, dans mes expériences, d'une haute activité sur la résistance capillaire. Tel est le cas du glycocolle, inactif par la bouche, mais extrêmement actif en injection intrapéritonéale. La thiourée, le sulfocyanure de potassium, la cystéine, le carbonate de guanidine, l'acétochloroforme, qui sont, d'après Obrecht (9), de bons inhibiteurs de l'oxydation de l'adrénaline, agissent favorablement sur la résistance capillaire. L'acide ascorbique, protecteur de l'adrénaline, *in vitro* et *in vivo* (7), possède une activité réelle bien que restreinte, contrairement à tout ce qui a été publié à son sujet depuis les travaux de Szent-Györgyi. Le pyrogallol, qui prolonge l'action de l'adrénaline sur la membrane nictitante du Chat (10), se révèle d'une haute activité sur la résistance capillaire, contrairement à ce que nous avions, Parrot et moi, avancé précédemment (6).

Par contre l'hydroquinone et le pyrocatéchol, qui ne protègent pas l'adrénaline, mais qui au contraire, comme je l'ai montré (7), en catalysent l'oxydation, sont à très peu près sans action sur la résistance capillaire.

---

(7) Voir la bibliographie dans J. Lavollay, *L'autoxydation des diphénols, en particulier de l'adrénaline*, Paris, 1943.

(8) Voir la bibliographie dans J. Lavollay (indic. bibl. ci-dessus) et J. Huche, *Diplôme d'Études supérieures*, Fac. des Sciences, Paris, 1942.

(9) Obrecht, *Über die Inhibition der Oxydation von Adrenalin und von Cupro- und Ferrochlorid*, Zurich, 1939.

(10) Bacq, *Arch. Intern. Physiol.*, 44, 1936, p. 17.

Comme les substances douées de l'activité vitaminique P, les inhibiteurs classiques de l'oxydation de l'adrénaline renforcent la résistance capillaire.

L'adrénaline elle-même possède cette propriété. On peut donc penser que *l'hormone de la résistance capillaire est ou l'adrénaline, ou l'un des premiers produits de son oxydation, et que les substances qui méritent le nom de vitamines* P *stabilisent cette substance hormonale.*

La séance est levée à 16h 15m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1944.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Travaux de l'Institut de mécanique de la Faculté des sciences de Paris. *Étude sur l'hypersustentation et la diminution de la résistance à l'avancement,* par Dimitri Riabouchinsky. Paris, Ed. Blondel La Rougery et Gauthier-Villars, 1940; 1 vol. 27cm.

Henri Buisson (1873-1944), par Charles Fabry. Extrait des *Cahiers de physique,* nº 22 de juin 1944; 1 fasc. 24cm,5.

Service central hydrographique. Section *Documentation. Le développement harmonique du potentiel générateur de la marée,* par A. T. Doodson. Extrait des *Proceedings of the Royal Society of London.* Série A, vol. C, mars 1922. Traduit de l'anglais par l'ingénieur hydrographe Roumegoux. 1 fasc. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 OCTOBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Hydrocarbures cycliques. Isotopes, complexes et combinaisons métalliques. Chlorophylle.* Note de M. **Henri Deslandres.**

Cette Note est la suite de ma dernière Note, du 27 décembre 1943, consacrée à l'accord des hydrocarbures à chaîne ouverte avec les quatre lois des fréquences moléculaires [1].

Chaque fréquence est rattachée à l'un des quatre types d'arrangement des atomes et de leurs électrons, qui dans la molécule émettent une fréquence et qui sont les suivants : 1° A^2 ou A^n, El^2 ou El^n; 2° $El - El/p$; 3° $El_1 \times El_2$; 4° $El_1 - El_2$ (A et El sont les nombres d'électrons activés, n et p des nombres entiers). De plus, en général, chaque fréquence correspond à plusieurs arrangements différents des atomes et électrons dans la molécule et aussi à des

---

[1] Je résume brièvement ces quatre lois. La 1re loi annonce une relation simple, vérifiée sur au moins 500 molécules, entre chaque fréquence ν de la molécule et le nombre s' d'électrons activés dans un de ses atomes ou groupe d'atomes par l'approche d'un autre atome ou groupe d'atomes de cette molécule. Cette première loi est résumée dans la formule (1) ν en $c^{m-1} = q\, d_1/r's'$, d_1 étant la constante universelle 1062,5, q et r' étant des nombres entiers.

2e Les électrons dans l'atome ou groupe d'atomes sont activés non par 1, mais par anneaux et sous-anneaux.

3e La molécule est divisée en plusieurs parties, réduites à deux dans les molécules simples, qui s'activent mutuellement, et, point important, les fréquences de ces parties sont égales ou très voisines.

4e D'après la formule de constitution, deux parties voisines, qui s'activent mutuellement, ont souvent des nombres différents d'électrons; mais la différence est un petit nombre pair, en général 2, 4, 6 ou 8. L'ionisation intérieure peut alors intervenir pour assurer l'égalité des électrons activés et donc aussi, d'après la formule (1), l'égalité des fréquences émises par les deux parties.

L'analyse des fréquences avec la formule (1) a permis de vérifier ces lois sur au moins 500 molécules qui ont des nombres d'atomes et d'électrons très différents.

arrangements d'autres molécules, ce qui a suggéré une explication simple de la catalyse par la résonance ([2]).

Hydrocarbures cycliques. — Parmi les cyclanes, je citerai brièvement :

le cyclopropane, C^3-H^6 dont les nombres s' d'électrons activables sont 6, 12, 18 et 6. Sa fréquence ν 3010 est égale à $17\, d_1/6$;

le cyclopentane, C^5-H^{10} dont les nombres s' sont 10, 20, 30 et 10, puis le cyclohexane C^6-H^{12} avec les nombres s' 12, 18, 24 et 12. Or la fréquence ν 424, commune à ces deux molécules, est égale à $4\, d_1/10$ et à $24\, d_1/6 \times 10$ ou 12×5;

Puis le cyclopentène C^6H^{10}, qui émet aussi la fréquence ν 424, égale $18\, d_1/45$; 45 étant le nombre s' de C^6H^9 dans C^6H^9 2a. — H.

Le benzène, le plus important des composés aromatiques, d'où l'on peut déduire tous les autres composés, a été complètement analysé dans plusieurs Notes antérieures ([3]).

Parmi les composés hétérocycliques :

la pyridine C^5H^5-N; les nombres s' de CH et de N étant 3, 5, 7;

le pyrrole C^4H^4-NH avec les nombres s', 12, 20, 28 et 4, 6, 8;

la fréquence ν 637, commune à ces deux molécules $= 3\, d_1/5 = 36\, d_1/60$ ou 6×10 et 12×5. Le pyrrole est un des constituants de la chlorophylle.

Isotopes. — Les hydrocarbures et leurs isotopes, obtenus en substituant l'hydrogène lourd D à l'hydrogène léger ([4]), ont le même nombre d'atomes et les mêmes nombres s' d'électrons activables. J'ai déjà étudié les fréquences des molécules PH^3 et PD^3, H^2, HD et D^2, C^6H^6 et C^6D^6, et vérifié par l'analyse que les nombres s' étaient bien les mêmes, les fréquences avec D étant plus faibles que celles avec H ([5]).

D'autre part les radicaux monovalents CH^3, NH^2, OH, qui ont les mêmes nombres s' 5, 7 et 9, auxquels on peut joindre les atomes monovalents Cl, Br et J (avec les nombres s' 5 et 7), s'unissent par deux pour former des molécules stables ($CH^3.CH^2$, $CH^3.NH^2$, $CH^3.OH$, $NH^2.OH$ etc.). On peut les considérer comme étant des isotopes, mais en partie seulement; car leurs nombres d'atomes sont différents.

De cet exposé on peut déduire que ces molécules doivent avoir des radiations communes et en plus des radiations qui leur sont propres. La fréquence ν 244, commune à $CH^3.OH$, $CH^3.NH^2$, CH^3Cl et $CH^3.Br$, est égale à $8\, d_1/5 \times 7$ et à $11\, d_1/7^+ \times 7^-$. La fréquence ν 637, commune à $CH^3.OH$, CH^3Cl, CH^3Br et OH.OH, et égale à $21\, d_1/5 \times 7$ et à $51\, d_1/17 \times 5{,}17$ correspondant à l'arrangement CH^3O 2a. — H.

Complexes. — En 1938 ([5]), j'ai présenté l'analyse des fréquences de trois complexes $K^4Fe(CN)^6 + 3oH^2$ avec 4 parties, $K^3Cu(CN)^4$, et $KAg(CN)^2$

([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1341; **211**, 1940, p. 245; **217**, 1943, p. 92.

([3]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 603; **217**, 1943, p. 92.

([4]) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 612.

([5]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1341.

avec 3 parties. Dans chaque molécule, les fréquences des parties sont égales ou très voisines.

J'ai annoncé de plus la division très probable de huit autres complexes dont le spectre Raman n'est pas connu, en parties ayant le même nombre *s'* d'électrons activables, division déduite de leur formule de constitution.

Or, en 1939, P. Mathieu et Mlle Cornevin ont publié plusieurs spectres Raman de complexes, et j'ai pu ajouter de nouveaux exemples aux précédents. Je citerai $SnCl^6H^2$ divisible en SnH^2, Cl^2, Cl^2, Cl^2, qui ont le même nombre 34 d'électrons activables. Sa fréquence la plus forte $\nu\,312 = 10\,d_1/34$;

le complexe $PtNa^2(NO^2)^4$ ayant les nombres *s'* 18, 18, 23, 23, 23 et 23. La fréquence $\nu\,847 = 43\,d_1/18 \times 3 = 35\,d_1/23 \times 3$;

le complexe $Cl^2Pt(NH^3)^4$ avec les six nombres *s'* 10, et sa fréquence $\nu\,225 = 17\,d_1/10 \times 8$;

le complexe $Cl^3Rh(NH^3)^3$ avec les nombres *s'* 15, 15 et 30. Les trois fréquences ν 390, 475 et 560 sont des multiples de $d_1/15 \times 10$.

De plus, en 1939, P. Mathieu a publié seul les fréquences Raman de 6 complexes qui sont les suivants (6) :

Chlorure de platine II tétramine $Cl^2[Pt(NH^3)]^4 + H^2O$, divisible en 7 parties de 10 électrons activés. Les 3 fréquences ν 270, 526 et 538 analysées sont rattachées au nombre *s'* 10;

Chlorure de platine II tétrapyridine $Cl^2[Pt(C^5H^5N)^4] + 3H^2O$, divisible en 13 parties de 10 électrons. Les 2 fréquences ν 645 et 1018 sont reliées au nombre 10;

Chlorure de platine II diéthylène diamine, $Cl^2[Pt(C^2H^2.H^6N^2)^2]$, divisible en 8 parties de 10 électrons. Les 2 fréquences ν 260 et 570 vérifient cette division;

Chlorure de platine IV triéthylènediamine $Cl^4[Pt(C^2H^2.H^6H^2)^3] + 3H^2O$, divisible en 14 parties de 10 électrons. Les deux fréquences ν 295 et 563 vérifient cette division;

Chlorure de rhodium III hexamine, $Cl^3-[Rh(NH^3)^6]$, divisible en 2 parties de 15 électrons et en 6 parties de 10 électrons. Les 2 fréquences ν 270 et 475 sont rattachées aux nombres 15 et 10;

Chlorure de rhodium III triéthylènediamine $Cl^3[Rh(C^2H^2.H^6N^2)^3] + 2,5H^2O$, divisible en 5 parties de 15 électrons et 7 parties de 10 électrons; ce qui est vérifié par l'analyse des 3 fréquences ν 268, 506 et 540;

La formule de constitution de nombreux complexes offre à première vue des divisions semblables, qui devront être vérifiées par le spectre Raman.

Combinaisons métalliques. — Ces corps ont assez rarement des formules qui correspondent aux valences des métaux qui sont les valences des sels. A l'appui Holleman cite dix combinaisons de deux métaux, qui sont en contradiction avec

(6) *Journal de Chimie physique*, 36, 1939, p. 308.

les valences des sels, mais ces composés sont en accord avec les lois des fréquences moléculaires, à savoir : $Zn^{12}Na$, avec les nombres *s'* 18 de Zn et 9 de Na. Les 13 atomes s'activent deux par deux, les deux derniers à la manière de ClH, du type El — El/*p*;

Cd^2Na et Cd^5Na, avec le nombre *s'* 18 pour Cd et 9 pour Na;

$HgNa^3$ et Hg^2Na^5 avec 18 pour Hg et 9 pour Na;

$FeZn^7$ avec le nombre *s'* 26 pour les deux atomes Fe et Zn et $NiZn^3$ avec le *s'* 24 pour Ni et 12 pour Zn;

$NiCd^4$ avec le nombre *s'* 18 et $AuSb^2$ avec le *s'* 33;

Ces rapprochements sont déduits de la formule de constitution, mais il est regrettable que l'on ne dispose pas encore des spectres Raman.

Chlorophylle. — Cette molécule, qui est le pigment vert des feuilles, est la plus importante du monde végétal. Elle est assez complexe, étant un mélange de deux composés très voisins *a* et *b*. La molécule *a*, qui est la plus nombreuse, a la formule brute $C^{55}H^{72}O^5N^4Mg$. Sa constitution a été établie par les belles recherches de A. Fischer qui a publié une formule de *a* développée ($MgN^4C^{32}H^{30}O < COOCH^3$ et $COOC^{20}H^{39}$) et un schéma plan qui présente au centre l'atome Mg entouré de 4 noyaux pyrolliques. Entre deux noyaux voisins se trouve une chaîne d'atomes importante constituée surtout par du phytol ($C^{20}H^{39}OH$). De plus Fischer a réalisé la synthèse de la chlorophylle.

J'ai recherché si la chlorophylle est en accord avec les lois des fréquences moléculaires. La formule de constitution montre dans ses deux portions des divisions intéressantes. Les groupes d'atomes de la première portion $Mg + N^4 + C^2O$, C^{30} et H^{30} ont les nombres d'électrons 12 + 28 + 20 ou 60, 180 et 30, soit en tout 270 électrons. Ces quatre nombres sont des multiples de 30. La 2ᵉ portion a 212 ou 210 + 2 électrons et $210 = 30 \times 7$. En faisant passer 30 électrons de la 1ʳᵉ portion, soit $CH^2.CH^2.CH.CH$, à la 2ᵉ, les nombres d'électrons seraient 240 et 242, avec une différence égale à un petit nombre pair ([7]). Avec l'ionisation intérieure, les deux portions ont le même nombre d'électrons activés $241^{\pm}$, puis $240^{\pm\pm}$ et $239^{\pm\pm\pm}$, si les 4 électrons voisins du noyau dans Mg sont activés successivement.

Mais un autre arrangement plus simple apparaît possible. La 2ᵉ portion peut être divisée autrement de la manière suivante : $COOCH^2$ de 30 électrons, et $COOH^8$, C^{20}, H^{30} et H^2, de 30, 30, 60, 30 et 2 électrons. Les groupes voisins de 30 et 60 électrons s'activent mutuellement ainsi que dans le 1ᵉʳ type d'arrangement des atomes et électrons pour l'émission d'une fréquence, et le dernier groupe de 30 et 2 électrons comme dans le type ClH ou 2ᵉ type. Le nombre *s'* 30 serait commun à tous les groupes.

([7]) Ces variations sont appuyées sur le schéma plan de Fischer publié en 1941 à la page 187 des *Éléments de Biochimie médicale*, de Polonovsky et de huit autres biologistes. Les atomes et groupes d'atomes rapprochés ci-dessus sont voisins dans le schéma plan.

Le spectre Raman de la chlorophylle qui, à ma connaissance, n'a pas été publié, serait bien utile, en assurant une décision ferme sur tous ces points.

A rappeler que le magnésium, avec ses 12 électrons, a été signalé dans mes Notes précédentes comme l'atome capable de vibrer le mieux en accord avec les 6 électrons du carbone et du 1er anneau de l'oxygène.

Les Notes ultérieures seront consacrées aux autres molécules biologiques, glucides, lipides, protides, et aussi au problème important de la catalyse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence générale du rubidium chez les plantes.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand.**

En utilisant le spectroscope, Grandeau a reconnu, pour la première fois, l'existence du rubidium dans le règne végétal ([1]). A l'aide du chlorure de platine, il a réussi à séparer de la partie soluble des cendres de la betterave sucrière environ 1^g,3 de chlorure de rubidium par kilogramme, correspondant à 0^g,004 de métal alcalin pour le même poids de racine fraîche. Grandeau a étendu cette recherche, mais seulement au point de vue qualitatif, à neuf espèces végétales : il a trouvé du nouveau métal, en quantités plus ou moins perceptibles au spectroscope, dans cinq de ces espèces et pas trace dans les autres.

A la suite de ces résultats, la présence du rubidium dans le règne végétal a été considérée comme un fait plutôt exceptionnel et dont on ne retenait guère que le cas de la Betterave, à cause de l'importance agricole et industrielle de cette plante. Mais, depuis lors, les idées ayant changé touchant la composition élémentaire de la matière vivante, on s'est intéressé à nouveau à la question. En 1917, W. O. Robinson, Steinkönig et Millier ont examiné 24 végétaux : dans 3 d'entre eux ils n'ont rencontré que des traces de rubidium et dans 7 autres pas du tout. En 1926, Freundler a signalé ce métal dans une Laminaire. Puis, en 1929 et en 1936, Ramage a reconnu sa présence, au spectroscope, dans un petit nombre d'espèces végétales. Plus récemment encore, en 1931, Burkser, Kondoguri, Milgewska et Bronstein ont dosé le rubidium, en se servant du chlorure stannique, dans trois plantes et en ont trouvé des traces dans une quatrième. Enfin, en 1933, Boyd et De ont signalé sa présence dans quelques espèces par la méthode spectrographique ([2]).

Ces résultats successifs ont étendu et un peu précisé ceux de Grandeau; ils ont prouvé que la présence du rubidium est plus fréquente dans le règne végétal qu'on le croyait d'abord, mais ils n'ont pas conduit à supposer, au contraire, que l'existence du rubidium pouvait être générale chez les plantes. Dans l'intention d'aborder ce côté de la question avec quelque chance de

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, 67, 1862, p. 155. Lefebvre (*Comptes rendus*, 55, 1862, p. 430) confirme cette priorité.

([2]) On trouvera les indications bibliographiques et les détails qui ne peuvent être donnés ici, faute de place, dans une autre publication.

succès, il nous a paru indispensable d'établir une méthode de recherche et de dosage susceptible de déceler et d'évaluer de très petites quantités du métal alcalin, une méthode assez précise, en tous cas, pour apporter la certitude que les nombreuses absences enregistrées jusqu'alors n'étaient dues qu'à une insuffisance des moyens utilisés dans les analyses. C'est une des raisons pour lesquelles nous avons, en collaboration avec Clément Courty, étudié et mis au point la méthode d'analyse spectrographique que nous avons eu l'honneur de présenter l'année dernière à l'Académie (³).

Pour appliquer cette méthode au cas des cendres végétales, il faut séparer au préalable les métaux alcalins de la silice et des autres combinaisons minérales contenues dans les cendres et amener ces métaux à l'état de chlorures. Pour cela, la solution chlorhydrique des cendres, dont la silice a été éliminée par évaporation à sec selon la technique courante, est débarrassée des métaux terreux et alcalinoterreux par l'acide phosphorique en milieu ammoniacal; l'excès d'acide phosphorique et l'acide sulfurique sont précipités par le chlorure de plomb, le plomb, en excès, précipité à son tour par l'hydrogène sulfuré, et la solution ainsi purifiée évaporée à sec, puis chauffée au rouge naissant. Il reste un résidu de chlorures alcalins, formé surtout de chlorure de potassium, qui est pesé. C'est sur 10^{mg} de ce résidu qu'a lieu le dosage spectrographique (⁴).

Le minimum de la quantité de rubidium appréciable par cette méthode étant de 0,2/1000 de milligramme, il nous a été possible de n'utiliser, pour chaque analyse, qu'un poids de plante ou d'organe végétal secs d'un gramme au plus et d'atteindre cependant une précision de quelques % du chiffre trouvé.

Les plantes sur lesquelles nous avons opéré ont été récoltées à la floraison, divisées quand il y avait lieu, nettoyées avec soin, souvent même lavées, pour les débarrasser des poussières, puis séchées à l'air libre et à la température ordinaire, enfin, au moment de l'analyse, dans une étuve à 105°.

Nous avons analysé plus de soixante plantes ou organes végétaux (racines, tubercules, bulbes, tiges, feuilles, fleurs, graines etc.) appartenant aux Cryptogames (Fougères, Algues, Champignons) et aux Phanérogames (ces dernières provenant de familles très différentes et croissant dans des milieux variés, y compris, par exemple, deux espèces parasites : une Orobanche et une Monotrope).

Dans tous les cas nous avons rencontré et pu doser le rubidium. Les proportions de ce métal ont été trouvées comprises, chez les Phanérogames, entre 2^{mg},1 (pour les feuilles de Lis blanc) et 81^{mg} (pour la portion aérienne du Colza), et chez les Cryptogames entre 2^{mg},8 (pour le *Collybia fusipes*) et 354^{mg} (pour le *Tricholoma cnista*).

(³) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 520.

(⁴) On y a dosé aussi le sodium et l'on a tenu compte du chiffre trouvé pour corriger la lecture du spectrogramme.

Les moyennes générales sont respectivement, chez ces deux grands groupes, de $20^{mg},3$ et de $75^{mg},5$ par kilog. sec. Cette différence provient surtout de la richesse relative de quelques champignons, mais on ne peut encore dire, à cause du petit nombre d'espèces étudiées, 8 seulement, que ces derniers soient en général plus riches que les autres végétaux.

Il se dégage des recherches qui viennent d'être brièvement exposées que le rubidium doit être ajouté à la liste des métaux dont la présence est constante dans les espèces végétales.

PLIS CACHETÉS.

M. **Étienne Vassy** et Mme, née **Arlette Tournaire** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 12 juillet 1943 et enregistré sous le n° 11909.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la Note suivante, dont l'Académie ordonne la publication :

Dans une Note aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (1), nous avons décrit un appareil simple pour la mesure de l'épaisseur d'eau condensable de l'atmosphère. Cet appareil a été utilisé à Paris entre le 10 mars et le 21 mai 1943. Un nouveau réglage avait dû être effectué. L'étalonnage ne pouvant se faire, dans les circonstances actuelles, à l'Observatoire de Trappes, où le montage convenable avait été installé, on a dû se contenter d'un étalonnage provisoire, utilisant la variation de la masse d'air traversée par les rayons solaires au cours de la journée. Trois longues séries, choisies parmi les journées de plus grande pureté et de plus grande stabilité de l'atmosphère, nous ont donné des points bien concordants et une courbe d'étalonnage de précision tout à fait suffisante, étant données les variations considérables de la grandeur à mesurer. On a choisi, pour éviter l'influence des variations au cours de la journée, les heures où la masse d'air croît très rapidement. Ainsi par exemple, le 5 avril, la masse d'air traversée passe de 2,30 à 7 entre $17^h 39^m$ et $19^h 29^m$. Cette courbe donnait les épaisseurs d'eau condensable en unités arbitraires; pour passer aux valeurs absolues, nous avons employé la formule de Hann qui relie la tension de vapeur au sol à l'épaisseur d'eau condensable, formule qui, bien que non vérifiée pour les mesures individuelles, a une certaine valeur statistique pour un lieu donné. Nous espérons ainsi avoir des valeurs assez voisines des valeurs réelles, bien que sujettes à révision en valeur absolue; néanmoins nous n'examinerons que les variations observées.

Nous présenterons les résultats sous deux formes : d'abord la moyenne des mesures pour chaque journée d'observation, ensuite la variation diurne obtenue en faisant la moyenne des mesures correspondant à une heure donnée.

(1) A. et E. Vassy, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 158.

Date 1943.	Eau condensable.	Date 1943.	Eau condensable.	Date 1943.	Eau condensable.	Date 1943.	Eau condensable.
	cm		cm		cm		cm
10 mars...	0,46	22 mars...	0,92	13 avril...	3,00	13 mai...	6,10
11 » ...	0,40	23 » ...	2,19	15 » ...	7,20	14 » ...	5,40
12 » ...	0,59	25 » ...	3,48	16 » ...	2,15	17 » ...	1,34
17 » ...	0,84	26 » ...	1,10	20 » ...	0,80	18 » ...	1,45
18 » ...	1,46	29 » ...	0,40	7 mai...	2,55	19 » ...	3,38
20 » ...	0,16	5 avril...	1,40	11 » ...	1,81	20 » ...	4,90
						21 » ...	4,05

Le tableau montre d'un jour à l'autre des variations considérables de l'épaisseur moyenne de l'eau condensable. Ce phénomène est déjà connu depuis Fowle, qui a montré que la formule de Hann ne s'applique pas aux valeurs journalières considérées individuellement. Par contre P. Lejay (²) a trouvé près de Shanghaï une concordance assez bonne entre les valeurs observées et celles calculées d'après la formule de Hann; il a trouvé également de très faibles variations au cours de la journée. Nos résultats sont complètement différents, sans doute en raison de la différence de nature des climats. Nous avons observé en effet qu'il y a des variations importantes et rapides au cours de la journée, et qu'elles sont indépendantes des variations de la tension de vapeur d'eau au sol. A titre d'exemple, voici les résultats concernant la journée du 16 avril.

Heure légale...	9h18m.	10h40m.	11h31m.	11h43m.	14h56m.	15h47m.	16h06m.
Épaisseur d'eau condensable (cm).	1,64	2,96	4,35	4,35	3,29	4,28	3,70
Tension de vapeur (mm Hg)......	6,2	5,5	4,6	4,4	4,2	4,5	4,6

Mais un fait nouveau peut être dégagé des nombres ci-dessus. Il apparaît en effet dans la matinée une très forte augmentation (dans le rapport de 1 à 4) de l'épaisseur d'eau condensable. Aux alentours de midi (heure locale) la valeur se maintient pour retomber ensuite.

Les épaisseurs d'eau condensable étant vraisemblablement en relation avec la situation météorologique, et une courbe moyenne étant par suite dépourvue de signification rigoureuse, nous avons examiné si ce phénomène s'observait au cours des journées considérées individuellement. Nous avons constaté qu'il en était bien ainsi dans 21 cas sur 25. Pour les quatre autres cas, où la variation signalée est moins marquée, on se trouve vraisemblablement en présence d'invasions d'air polaire.

F. Herzing (³) en 1937 avait observé sur quelques mesures isolées une variation diurne analogue; mais, se trouvant au sommet d'une montagne, il avait attribué ce phénomène à la convection. Cette explication ne peut être invoquée pour nos résultats. Nous nous proposons d'en rechercher l'origine. Malheureusement les données d'ordre météorologique ne nous sont pas accessibles pour l'instant.

(²) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1065.
(³) *Gerl. Beitr. Geophysik*, **49**, 1937, 71.

CORRESPONDANCE.

SPECTROCHIMIE. — *Structure de l'ion N_3^- des azotures métalliques déterminée à l'aide des spectres d'absorption infrarouge.* Note [1] de Mlle **Annie Delay**, MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour représenter la formule de l'acide azothydrique et de ses sels, les chimistes, à la suite de Griess et de Curtius, ont imaginé une formule dite *en anneau*, justifiée seulement par des raisons d'analogie et, semble-t-il, par la détermination du parachor des esters azothydriques.

Il est possible cependant de représenter l'ion N_3 par une formule dite *en chaîne*, comme $-N=N\equiv N$ ou $-N=N=N$. La justification peut se faire par des raisonnements d'analogie avec la représentation linéaire du protoxyde d'azote et de l'acide azoteux. Nous ne nous y arrêtons pas. Les arguments physiques sont beaucoup plus convaincants : *a*. structure cristalline des azotures alcalins et de thallium (Hendricks et Pauling 1925; Sutton 1931); *b*. diffraction électronique (Pauling et Brockway 1933); *c*. mesure du moment dipolaire (Bergmann et Schutz 1932); *d*. effet Raman de la solution d'azoture de sodium (Langseth, Nielsen et Sörensen 1934, puis Engler et Kohlrausch 1936); *e*. spectre de rotation dans l'infrarouge photographique (Herzberg 1935, puis Eyster 1940). Tous ces phénomènes sont correctement interprétés par un schéma comportant les trois atomes d'azote en ligne droite, mais les physiciens ci-dessus et quelques autres sont partagés sur l'idée d'une chaîne dissymétrique.

Dans le premier cas, il doit exister une alternance entre la diffusion et l'absorption. Parmi les trois fréquences fondamentales que l'on prévoit, ν_3 doit être simple, ν_2 double dégénérée, toutes deux permises dans l'infrarouge et ν_1 simple, active seulement dans l'effet Raman.

Avec une structure dissymétrique, les trois fréquences fondamentales doivent être actives dans les deux phénomènes.

Par la méthode des poudres, nous avons examiné les spectres d'absorption infrarouge des six azotures de sodium, cuivre, plomb, thallium, mercure monovalent et argent, enregistrés par trois spectromètres : *a*. à prisme de sylvine de 60° entre 19 et 12^μ; *b*. à deux prismes de sel gemme de 30° entre 15 et 7^μ; *c*. à prisme de fluorine de 60° entre 8 et 3^μ.

Le nombre des bandes fortes mesurées dans nos expériences, ajouté aux raies Raman intenses, dépasse souvent le nombre de trois. C'est pourquoi nous sommes conduits à admettre que plusieurs des azotures métalliques examinés existent sous deux formes distinctes (les chimistes connaissent d'ailleurs déjà deux états moléculaires différents de l'azoture de plomb). Ces formes sont en équilibre et peuvent se transformer l'une dans l'autre suivant les conditions.

---

[1] Séance du 18 septembre 1944.

D'une manière plus précise, il existe une résonance entre ces deux formes. Pour la forme symétrique nous proposons les identifications

$$\nu_1 \sim 1350, \quad \nu_2 \sim 640, \quad \nu_3 \sim 1600 \text{ cm}^{-1}$$

et, pour la forme dissymétrique, nous adopterons les attributions précédemment obtenues par Sutherland et Penney (1936) et par Garner et Gomm (1931)

$$\nu_1 \sim 1350, \quad \nu_2 \sim 630, \quad \nu_3 \sim 2080 \text{ cm}^{-1}.$$

Dans nos mesures les bandes vers 1600 et 2080 cm^{-1} apparaissent toujours simples, et la région vers 640-680 cm^{-1} se compose souvent de deux bandes, ce qui apparaît conforme aux attributions précédentes.

On sait que pour des liaisons simples entre deux atomes, les fréquences correspondantes se placent entre 800 et 1800 cm^{-1}. En passant à une double et à une triple liaison, les fréquences croissent à 1500-1800 et à 1800-2600 cm^{-1} respectivement. En même temps les rayons X nous apprennent que les distances entre les deux atomes liés se placent respectivement vers 1,35-1,54 Å; 1,2-1,4 Å; 1,1-1,3 Å. D'après la grandeur des fréquences observées pour la vibration ν_3 dans l'ion N_3^-, on peut s'attendre à une triple liaison dans le cas de la forme dissymétrique et à une double liaison dans celui de la forme symétrique. Si ces conceptions se présentent comme exactes, il devient possible d'obtenir une idée des proportions relatives des deux formes en étudiant les intensités des bandes près de 1600 et 2040 cm^{-1} que nous avons admises comme caractéristiques des liaisons $N = N$ et $N \equiv N$. Pour les sels de sodium, cuivre, argent, mercure, la forme symétrique est beaucoup plus abondante que la forme dissymétrique. C'est l'inverse pour les azotures de thallium et de plomb.

Si nous comparons ces résultats avec ceux relatifs à l'ion N_3^- dans l'acide azothydrique, l'absence de bande vers 6μ permet d'indiquer, en conformité avec les conclusions de Davies par exemple, que la forme dissymétrique doit exister presque exclusivement chez cet acide.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la formule permettant d'obtenir la masse d'une particule (par choc élastique ou par une autre méthode). Considérations générales sur les erreurs.* Note de M. **Serge Gorodetzky**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La masse M_0 d'une particule heurtant élastiquement une particule de masse m_0 initialement au repos peut être calculée (1) à partir des données du

(1) L. Leprince-Ringuet, S. Gorodetzky, E. Nageotte et R. Richard-Foy, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 382; L. Leprince-Ringuet et S. Gorodetzky, *ibid.*, **213**, 1941, p. 765; R. Richard-Foy, *ibid.*, **213**, 1941, p. 724; S. Gorodetzky, *Thèse*, Paris, 1942; *Ann. de Phys.*, **19**, 1944, p. 5.

choc, soit p_1 quantité de mouvement de la particule incidente avant le choc, p_2 quantité de mouvement de la particule incidente après le choc, p_3 quantité de mouvement de la particule heurtée. On peut, de plus, définir ainsi les quantités p_0 et p_c : $p_0 c = m_0 c^2$ et $p_c c = \sqrt{(p_3 c)^2 + (m_0 c^2)^2} - m_0 c^2$ (énergie cinétique de la particule heurtée). Soit $\mu = M_0/m_0$. On a la relation ([2]), obtenue en utilisant uniquement la conservation de l'énergie,

$$\mu^2 = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^2 \left\{ \left[\frac{1}{2 p_2 p_c} (p_1^2 - p_2^2 - p_c^2) \right]^2 - 1 \right\}. \tag{1}$$

Du fait des erreurs expérimentales, cette relation donne lieu le plus souvent à une incertitude inacceptable quant à la grandeur μ ; aussi est-on amené à utiliser la relation suivante ([3]), dans laquelle on a tenu compte de la conservation de la quantité de mouvement (θ est l'angle des vitesses 2, 3, particule incidente et particule heurtée, après le choc) :

$$\mu^2 = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^2 \left\{ \left(\frac{p_3 \cos\theta}{p_c} + \frac{p_0}{p_2} \right)^2 - 1 \right\}. \tag{2}$$

Si l'on remarque que $p_2/\mu p_0$ n'est autre chose que la quantité de mouvement réduite P_2 de la particule incidente après choc ($P_2 = p_2 c/M_0 c^2$) et que la vitesse β_2 est reliée à P_2 par la relation $1/\beta_2^2 = (1/P_2^2) + 1$, on obtient à partir de (1) la relation

$$\frac{1}{\beta_2} = \frac{1}{2 p_2 p_c} (p_1^2 - p_2^2 - p_c^2) \tag{1a}$$

et ([4]), à partir de (2),

$$\frac{1}{\beta_2} = \frac{p_3 \cos\theta}{p_c} + \frac{p_0}{p_2}. \tag{2a}$$

D'une manière très générale (quelle que soit la méthode de mesure de masse employée), puisque $1/P^2 = (1/\beta^2) - 1$, on a ([5])

$$\mu^2 = \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 \left[\frac{1}{\beta^2} - 1 \right]. \tag{3}$$

On comprend que, quelle que soit la méthode employée, *à erreurs égales sur p et β*, l'erreur sur la masse est la même (et par conséquent le domaine des vitesses à l'intérieur duquel une méthode est applicable reste le même).

([2]) S. GORODETZKY, *Ann. de Phys.*, 19, 1944, p. 5 [relation (2,8)].

([3]) S. GORODETZKY, *Ann. de Phys.*, 19, 1944, p. 5 [relation (4,1)].

([4]) Dans le cas fréquent où p_0/p_2 est négligeable, on obtient la formule très simple

$$\boxed{\frac{1}{\beta_2} \sim \frac{p_3 \cos\theta}{p_c}.}$$

([5]) La relation (3) peut s'écrire aussi $(M_0 c^2)^2 = (pc)^2 [(1/\beta_2) - 1]$, ce qui donne par exemple à la relation (2) la forme

$$(M_0 c^2)^2 = (pc)^2 \left\{ \left(\frac{p_3 \cos\theta}{p_c} + \frac{p_0}{p_2} \right)^1 - 1 \right\}. \tag{2 bis}$$

Ainsi, dans le cas du spectrographe de masse relativiste ([6]), on a la relation (voir les notations de la référence indiquée)

$$\frac{1}{\beta} = \frac{\tang\theta}{\operatorname{sh}\frac{eh x}{pc}}, \tag{4}$$

d'où la formule qui donne la masse

$$\mu^2 = \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 \left\{ \left(\frac{\tang\theta}{\operatorname{sh}\frac{eh x}{pc}}\right)^2 - 1 \right\} \tag{5}$$

tout à fait analogue à (2).

Dans la relation générale (3) l'erreur sur p est en général la même, quelle que soit la méthode employée, puisque p est toujours mesuré de la même façon (rayon de courbure d'une trajectoire de particule dans un champ magnétique); *aussi la valeur d'une méthode dépend surtout de la précision avec laquelle elle permet de mesurer β, vitesse de la particule.*

La relation (3) montre encore que μ^2 est le produit de deux facteurs. Dans le cas des particules très rapides, β est voisin de 1. Le facteur $[(1/\beta^2)-1]$ tend vers zéro lorsque β tend vers un. Comme μ^2 a une valeur finie, le premier facteur $(p/\beta_0)^2$ tend vers l'infini. Si bien que pour β voisin de 1, μ^2 a la forme indéterminée $\mu^2 = \infty . 0$. On voit ainsi pourquoi dans *toutes* les méthodes de mesure de masse l'erreur sur μ croît très vite dès que β devient voisin de 1. Donnons d'une manière précise l'erreur sur la masse, et ceci pour toute méthode de mesure.

De $P = pc/M_0c^2$ on tire $\Delta M_0/M_0 = (\Delta p/p) - (\Delta P/P)$. Cette relation suffit à déterminer l'erreur sur la masse. Mais, si β a une forme plus simple que P, on a intérêt à exprimer $\Delta\mu/\mu$ en fonction de $\Delta p/p$ et $\Delta\beta/\beta$.

De $1/P^2 = (1/\beta^2) - 1$ on tire

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{1-\beta^2}\frac{\Delta\beta}{\beta},$$

d'où

$$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\Delta M_0}{M_0} = \frac{\Delta p}{p} - \frac{1}{1-\beta^2}\frac{\Delta\beta}{\beta}. \tag{6}$$

C'est l'expression $1/1-\beta^2$ qui fait croître $\Delta\mu/\mu$ lorsque β tend vers 1. On peut encore écrire

$$\frac{\Delta M_0}{M_0} = \frac{\Delta p}{p} - (1+P^2)\frac{\Delta\beta}{\beta}, \tag{6a}$$

forme qui est assez commode pour la discussion des erreurs. Pour les grandes valeurs de P (ou β voisin de 1) le terme $\Delta p/p$ devient négligeable devant le terme contenant $\Delta\beta/\beta$.

([6]) S. Gorodetzky, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 479.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle méthode de différenciation des liaisons intra- et intermoléculaires par les spectres d'absorption infrarouge.* Note de M. **Jacques Dubois**, présentée par M. Aimé Cotton.

On distingue pour les molécules *possédant des groupements oxhydriles* deux types de liaisons ([1]) :

1° les liaisons intermoléculaires, comme par exemple les liaisons alcool-alcool $R—O—H \rightarrow O\langle^{H}_{R}$, acide-acide $R—C\langle^{OH \rightarrow O}_{O \leftarrow HO}\rangle C—R$, alcool-cétone, alcool-éther etc.;

2° les liaisons intramoléculaires, des corps chélatés par exemple. Dans le cas du salicylate de méthyle, on a mis en évidence une liaison hydrogène entre les groupements OH et C=O $C^6H^4\langle^{O—H}_{C=O}$ (avec OC^2H^5 sur C=O).

Pour les distinguer, on peut employer concurremment deux méthodes : la dilution dans le tétrachlorure de carbone ou l'élévation de température. Dans les deux cas les interprétations se déduisent des modifications du spectre du corps A à étudier. Nous allons indiquer une troisième méthode plus générale.

On ajoute au corps A un corps B susceptible de substituer à l'association $A \rightarrow A$ intra- ou intermoléculaire une association intermoléculaire $A \rightarrow B$ caractérisée par une modification des bandes initiales du spectre de B. Il importe évidemment que le corps B présente des bandes très intenses et fines dont on suit facilement les variations d'intensité. L'orthochlorophénol remplit justement ces conditions. Le fait que la bande étudiée de ce corps soit une bande (OH) ne constitue pas un inconvénient pour l'examen des corps dont le groupement fonctionnel est ou renferme un oxhydrile : les différentes bandes (OH) ont en effet des caractères spécifiques propres. Modifiant légèrement la technique de R. Freymann ([2]), nous définissons l'intensité de la bande 3 (OH) de l'orthochlorophénol située vers $0^{\mu},99$ par la différence de hauteur existant dans cette région entre les courbes spectrales du corps pur et de son mélange avec 20 % d'orthochlorophénol. Les nombres ainsi obtenus, réunis dans le tableau ci-après, permettent de se faire une idée du « pouvoir associant », *qui est d'autant plus grand que le nombre est plus petit.* Dans ce tableau nous avons adjoint aux composés possédant des radicaux oxhydriles et qui présentent des liaisons intra ou intermoléculaires, des exemples de corps non associés (absence de liaisons $A \rightarrow A$).

([1]) Pour un résumé de la question, voir R. Freymann, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 517; 10, 1939, p. 1.

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 386; nous avons travaillé avec le même appareillage.

Formiate de propyle	6
» d'amyle	8
Acétate de méthyle	7
» d'éthyle	7
» de propyle	7
» de butyle	7
» d'isobutyle	7,25
» d'amyle	6,50
» d'isoamyle	7,25
Propionate de méthyle	6
» d'éthyle	6
» de propyle	6
Butyrate d'éthyle	7
Isobutyrate d'éthyle	7
Dioxane	1,5
Thioxane	2
(2) Cétones	2
Acétylacétate d'éthyle	2
Aldéhyde benzoïque	5
Éther éthylique	9
Ortho formiate d'éthyle	10
Méthylal	9
Diéthoxy-1.1 éthane	9
Benzoate de méthyle	9
» d'éthyle	10
Nitrobenzène	34
Tétrachlorure de carbone	82
Hexane	85
Composés hydroxylés.	
Alcool propylique	3,5
» butylique	3
» isopropylique	3
» allylique	3
» amylique tertiaire	10
Acide acétique	6
» formique	6
Monochlorhydrine du glycol	0
Propanolone 1.2	0
Pentanolone 1.2	0
Aldéhyde salicylique	18
Salicylate de méthyle	44
» d'éthyle	42

On constate que :

a. Pour les salicylates, la liaison intramoléculaire est si résistante que l'association avec l'orthochlorophénol est fortement empêchée. Pour le salicylate de méthyle, le nombre correspondant est 44, alors que le benzoate de méthyle, moins oxygéné cependant, a un nombre égal à 9. L'introduction de la fonction —OH en ortho et, par là, la création d'une liaison hydrogène intramoléculaire gêne l'association $A \rightarrow B$.

b. Au contraire les liaisons intermoléculaires du type $A \rightarrow A$ comme, par exemple, celles des alcools, de l'acide acétique, sont relâchées en faveur de la liaison intermoléculaire $A \rightarrow B$ avec l'orthochlorophénol.

Il ressort de ces constatations qu'à un pouvoir associant élevé correspondent des liaisons intermoléculaires et qu'à un pouvoir associant affaibli correspondent des liaisons intramoléculaires.

c. Le pouvoir associant des éthers-sels $R—C\lessdot^{OR'}_{O}$ est indépendant de R et de R'. Comme il est affaibli par rapport à celui des cétones, on peut conclure à une influence mutuelle des atomes d'oxygène du groupement carboxyle.

d. Les atomes d'oxygène inclus dans un cycle ont un pouvoir associant élevé : le dioxane a, par rapport à l'éther, un nombre correspondant très inférieur.

e. L'acétylacétate d'éthyle a un pouvoir associant voisin de celui des cétones.

En résumé, nous avons étudié le pouvoir associant de certains composés oxygénés et exposé une méthode qui, d'une part, confirme les résultats obtenus par dilution ou par élévation de température, *et permet d'autre part l'étude infrarouge de composés insolubles dans le* CCl^4 (*tels que la propanolone*-1.2) *et dont l'examen à certaines températures présente des difficultés particulières.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les chlorobromures de silicium et leur spectre Raman.* Note de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Charles Fabry.

Les chlorobromures de silicium ont été décrits par Besson ([1]). Cet auteur avait également pensé isoler les chlorobromures stanniques. Nous avons montré ([2]) que les chlorobromures stanniques n'existent qu'à l'état de mélange. Quel que soit le mode de préparation, on arrive à des équilibres, et pour les obtenir le plus simple est de mélanger le chlorure et le bromure stanniques : ces deux halogénures réagissent l'un sur l'autre, même à la température ordinaire.

Dans les mêmes conditions, le tétrachlorure et le tétrabromure de carbone sont sans action l'un sur l'autre.

Nous avons voulu voir si, de ce point de vue, le silicium se rapproche du carbone ou de l'étain.

Seul le spectre de $SiCl^3Br$ avait été décrit ([3]) jusqu'ici.

Le présent travail a donc pour but de déterminer si les chlorobromures de silicium peuvent être isolés les uns des autres et d'obtenir leur spectre Raman. Nous avons d'abord mélangé du chlorure et du bromure de silicium et soumis ce mélange à l'effet Raman. Le spectre obtenu ne comporte que les fréquences de ces deux halogénures purs : il n'y a donc pas réaction entre le chlorure et le bromure de silicium tout au moins à température peu élevée.

Ce comportement montre, comme c'était à prévoir, que le silicium se rapproche plus du carbone que de l'étain.

Nous avons ensuite repris la préparation de Besson. Elle consiste à faire réagir au rouge sombre l'acide bromhydrique sur le tétrachlorure de silicium. On obtient ainsi un mélange contenant des chlorobromures. Le spectre obtenu présente en effet des fréquences distinctes de celles des halogénures simples.

Le spectre de chacune des molécules $SiCl^4$, $SiCl^3Br$, $SiCl^2Br^2$, $SiClBr^3$, $SiBr^4$ a comme raie la plus intense une fréquence ν_1 complètement polarisée, facile à identifier. On peut ainsi dénombrer le nombre des constituants d'un mélange.

La distillation fractionnée, contrôlée par le spectre Raman, permet d'isoler chacun des trois chlorobromures comme l'a indiqué Besson.

Les trois chlorobromures de silicium sont donc isolables tout comme les trois chlorobromures de carbone.

Nous avons déterminé le spectre Raman de chacun des trois chlorobromures et mesuré le facteur de dépolarisation de chacune de leurs raies.

En ce qui concerne le spectre de $SiCl^3Br$, deux des fréquences observées (205 et 368) sont en bon accord avec les fréquences précédemment décrites.

([1]) *Comptes rendus*, **112**, 1891, p. 788.

([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 64.

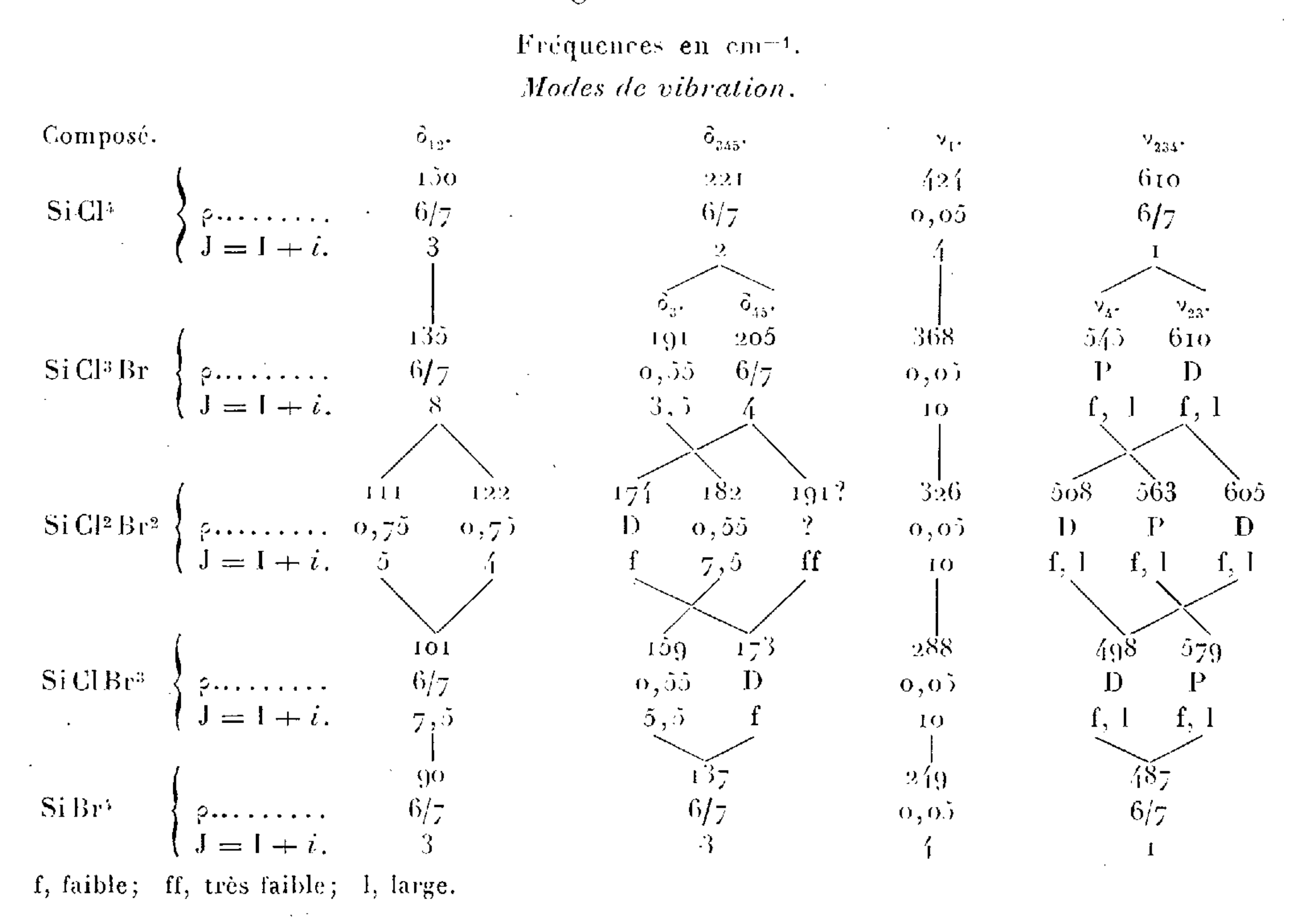
([3]) M. de Hemptine, Wouters et Fayt, *Bull. Acad. Roy. Belg.* (*Sc.*), 5[e] série, **19**, 1933, p. 318.

Pour les autres, nos prédécesseurs, qui n'ont étudié que le seul spectre de $SiCl^3Br$, ont dû, opérant probablement sur un mélange de chlorobromures, lui attribuer certaines des raies de $SiCl^2Br^2$ et de $SiCl^4$ ([3]).

Les spectres des deux chlorobromures $SiCl^3Br$ et $SiClBr^3$ ont bien six fréquences, dont trois polarisées et trois dépolarisées, comme il est prévu pour des molécules tétraédriques AX^3Y.

Le spectre de $SiCl^2Br^2$ a bien les neuf fréquences attendues pour une molécule tétraédrique AX^2Y^2. Comme pour celui de CCl^2Br^2, il est difficile de distinguer l'une de l'autre les deux fréquences δ_1 et δ_2 : leur facteur de dépolarisation est en effet le même (0,75), alors que l'une seulement des deux raies devrait être polarisée.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.



Fréquences en cm^{-1}.

Modes de vibration.

Composé.		δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.
$SiCl^4$		150	221	424	610
	ρ.........	6/7	6/7	0,05	6/7
	$J = I + i$.	3	2	4	1
			δ_3. δ_{45}.		ν_4. ν_{23}.
$SiCl^3Br$		135	191 205	368	545 610
	ρ.........	6/7	0,55 6/7	0,05	P D
	$J = I + i$.	8	3,5 4	10	f, l f, l
$SiCl^2Br^2$		111 122	174 182 191?	326	508 563 605
	ρ.........	0,75 0,75	D 0,55 ?	0,05	D P D
	$J = I + i$.	5 4	f 7,5 ff	10	f, l f, l f, l
$SiClBr^3$		101	159 173	288	498 579
	ρ.........	6/7	0,55 D	0,05	D P
	$J = I + i$.	7,5	5,5 f	10	f, l f, l
$SiBr^4$		90	137	249	487
	ρ.........	6/7	6/7	0,05	6/7
	$J = I + i$.	3	3	4	1

f, faible; ff, très faible; l, large.

Ce tableau a une grande analogie avec ceux que nous avons établis pour les composés correspondants du carbone ([4]) et de l'étain ([2]).

Comme pour l'étain, le classement des fréquences ν_2, ν_3, ν_4 est plus net que pour le carbone.

Du point de vue de ces halogénures mixtes, le silicium se montre donc bien plus voisin du carbone que de l'étain. Nous achevons actuellement une étude similaire sur les halogénures mixtes du titane tétravalent et comptons alors présenter une vue d'ensemble où nous examinerons d'une part le point de vue chimique, d'autre part la comparaison des spectres Raman.

([4]) *Comptes rendus,* **214**, 1942, p. 226.

GÉOLOGIE. — *Les phases orogéniques dans l'ensemble des Cordillères bétiques.* Note (¹) de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Charles Jacob.

On a longtemps erré dans la fixation des étapes orogéniques auxquelles sont dues les Cordillères bétiques. Gentil (²) plaçait le paroxysme entre Helvétien et Tortonien dans l'Ouest des chaînes. J'ai cru, en 1918 (³), trouver dans la transgressivité du Tortonien à Ibiza une raison d'étendre ces conclusions aux Baléares, mais dès 1922 (⁴), et, ultérieurement, avec B. Darder (⁵), j'ai montré qu'à Majorque les charriages principaux ont eu lieu entre le Burdigalien et l'Helvétien. En 1926, M. Gignoux et moi (⁶) tenions pour probable l'âge post-burdigalien et anté-hélvétien d'une partie des dislocations de la province d'Alicante. Depuis lors, l'étude d'autres tronçons des Cordillères bétiques a fait ressortir la longue durée des phénomènes orogéniques et leur localisation selon les époques à des zones plus ou moins externes de cet édifice (⁷). Coordonnant les nouvelles précisions récemment apportées (⁸) sur le tronçon privilégié qui occupe la province de Murcie avec ce que l'on connaît ailleurs, on peut dresser en première approximation un tableau général des mouvements orogéniques tertiaires dans l'ensemble des Cordillères.

Éocène inférieur. — Les zones subbétique et prébétique sont émergées. Développement des charriages alpujarrides dont les derniers déplacements frontaux ne s'achèveront qu'après le Lutétien au Sud de la Sª Arana et au front des Rondaïdes.

Éocène moyen et supérieur. — Large transgression lutétienne en zone subbétique. Pas de mouvements décelables, mais l'extension de la mer semble beaucoup se réduire dès l'Éocène supérieur. En zone bétique, achèvement probable de la mise en place de la nappe de Malaga.

Oligocène. — *a.* Charriages anté-sannoisiens dans les massifs orientaux de Majorque (Darder); *b.* derniers mouvements dans l'Est de la zone bétique, au Sud de la Sª de la Almanara et à l'Est de celle de Carthagène (Oligocène pincé dans des imbrications de détail); *c.* mouvements anté-aquitaniens en zone prébétique, dans l'Est de la province d'Alicante et dans la région de Jaen; *d.* plissements post-aquitaniens accusés dans le Subbétique interne, au front du Bétique,

---

(¹) Séance du 25 septembre 1943.
(²) *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 373.
(³) *C. R. Somm. S. G. F.*, 1918, p. 168.
(⁴) *Étude géologique de la Sierra de Majorque*, Paris, 1922.
(⁵) B. Darder et P. Fallot, *Livret-Guide Ex. C-5 Congr. Géol. Intern.*, Madrid, 1926.
(⁶) M. Gignoux et P. Fallot, *C. R. Congr. Géol. Intern.*, Madrid, 1926, p. 505.
(⁷) P. Fallot, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 717; Blumenthal et Fallot, *Mém. Soc. Esp. H. Nat.*, **17**, 1, 1935, p. 66.
(⁸) P. Fallot, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 315.

dans la Sierra de Pedro Ponce et sans doute, 270^{km} plus au SW, accidents antibétiques poussant la zone du Torcal de Antequera contre l'Oligocène bétique de la zone de Colmenar. Dans le Subbétique interne d'Antequera-Ronda, l'importante phase anté-burdigalienne définie par Blumenthal (⁹), non exactement datée, résulte vraisemblablement du même paroxysme.

Néogène. — Transgression burdigalienne sur les ruines de l'édifice bétique et dans le Subbétique interne (Pliego, Antequera, Ronda) d'une part, en zone prébétique, d'autre part. Ici la transgression est amorcée dès l'Aquitanien en certains points (Tarbena, Est prov. d'Alicante) ou bien fait suite, ailleurs, avec faible discordance, à une passagère sédimentation aquitanienne (Région de Jaen).

Phase majeure subbétique marquée de bout en bout par des charriages post-burdigaliens et anté-vindoboniens (Majorque, Ibiza, Sierras de Pinoso et de la Pina [Alicante], Calasparra, abords de Caravaca, Sagra [Murcie], régions de Jaen et de Cabra). Les plis et imbrications de la zone prébétique ne sont que la répercussion des charriages subbétiques. Le Vindobonien est irrégulièrement transgressif dans toute la zone subbétique.

Pendant tout le Néogène, la sédimentation est ininterrompue dans les bassins établis sur le matériel mort bétique; par contre, après le Pontien, la zone bétique se déforme en trois plis principaux à grand rayon de courbure : 1° pli S^a Españа-S^a de las Estancias, atteignant 18^{km} de large pour une flèche de plusieurs centaines de mètres; 2° pli S^a de los Filabres-S^a Nevada, culminant dans cette dernière par une flèche de près de 1500^m pour une largeur de $\pm 40^{km}$, et s'ennoyant brutalement dès Grenade; 3° au Sud du synclinal néogène de Canjayar-Sorbas, anticlinal de la S^a Alhamilla, prolongé ou relayé par celui de la S^a Contraviesa-S^a Tejada qui s'ennoie à l'Ouest de cette dernière.

Vers l'Ouest, ces plissements ne paraissent pas avoir affecté le Néogène du Sud du Chorro; il n'est toutefois pas impossible que, plus au SW encore, l'allure anticlinale de la Sierra de Mijas soit imputable à la même phase post-pontienne.

Ainsi les faits établis dans la province de Murcie valent-ils pour tout l'édifice qui s'allonge sur plus de 900^{km}, de Majorque à Cadiz.

Élément interne, essentiel, des chaînes, le Bétique, bordant le littoral espagnol sur plus de 400^{km} a pris forme au Nummulitique; dès la fin de l'Oligocène, le mouvement s'est propagé au Subbétique interne et à certaines parties du Prébétique, mais le paroxysme principal n'eut lieu dans ces deux zones qu'entre Burdigalien et Vindobonien. Quant à la dernière phase, post-pontienne, j'ai montré que, si elle est très accusée en zone bétique, elle ne paraît plus localisée dans les Cordillères. D'extension bien plus large, elle affecterait, selon des

(⁹) *C. R. Somm. S. G. F.*, 1929, p. 148; *Écl. Géol. Helv.*, **21**, 1930, pp. 41-292; **26**, 1933, pp. 43-92.

modalités et un mécanisme qui restent à déterminer, une partie importante du bâti mésetain, auquel est déjà incorporé ou soudé, à ce moment, le matériel des Cordillères bétiques.

SÉISMOLOGIE. — *Une plate-forme pour l'essai des séismographes verticaux.* Note de MM. **Gaston Grenet** et **Henri Jaujou**, présentée par M. Charles Maurain.

On a déjà construit des plates-formes auxquelles on pouvait appliquer un mouvement de translation horizontal. Ces plates-formes sont destinées à l'essai des séismographes sensibles à la composante horizontale des mouvements du sol, mais leur construction exige les plus grandes précautions, car les séismographes horizontaux sont extrêmement sensibles aux rotations de leur support autour d'axes horizontaux.

A notre connaissance, on n'a jamais construit de plate-forme destinée à l'essai des séismographes verticaux. C'est pourquoi nous avons recherché comment on pouvait construire de tels appareils.

Dans le cas d'une plate-forme destinée à l'essai des séismographes verticaux, l'horizontalité n'a plus besoin d'être maintenue avec une aussi grande précision. En effet un séismographe vertical bien réglé est théoriquement insensible aux accélérations horizontales, donc aux variations infiniment petites d'inclinaison de la plate-forme. Mais, si l'on incline la plate-forme d'un angle fini, le séismographe vertical ne se trouve plus parfaitement réglé et il devient sensible aux accélérations horizontales, comme à l'inclinaison de la plate-forme. Dans ces conditions on comprend que, comme le calcul le prouve, la déviation du séismographe soit proportionnelle au carré de l'inclinaison de la plate-forme.

Imaginons un séismographe vertical et un séismographe horizontal ayant des caractéristiques identiques et plaçons-les sur une même plate-forme, que l'on incline d'un angle φ; la déviation du séismographe horizontal sera égale à

$$\theta = A\varphi,$$

celle du séismographe vertical à

$$\theta = A\varphi^2.$$

Dans le cas d'un séismographe Wenner horizontal de 10 secondes de période, ayant une amplification maximum de 400, la déviation du spot en centimètres est donnée approximativement par la formule

$$\varepsilon = \frac{T^2 g}{4\pi^2} 400\varphi = 10^6\varphi.$$

Donc, pour que la déviation reste inférieure à 1^{mm}, il faut que l'inclinaison de la plate-forme ne dépasse pas 10^{-7} radian.

Pour limiter à la même valeur la déviation d'un séismographe vertical ayant les mêmes caractéristiques, il suffirait donc que l'inclinaison de la plate-forme reste constante à $3,3 \cdot 10^{-4}$ radian près. Mais, comme le réglage du séismographe n'est pas toujours effectué avec une précision assez grande et qu'au cours même de son fonctionnement normal le centre de gravité de l'appareil se déplace, il faut maintenir l'horizontalité de la plate-forme avec une précision de l'ordre de 10^{-5} radian. Pour une plate-forme de 1^{m} de côté, cela représente un déplacement vertical de 10^{-3} cm d'une des extrémités par rapport à l'autre. Comme le déplacement vertical à imprimer à la plate-forme atteint rarement 1^{mm}, on voit qu'il suffit d'assurer à 1/100 près l'égalité des mouvements des extrémités de la plate-forme. Un dispositif de démultiplication de bascule nous a semblé convenable.

Pour vérifier qu'une bascule pouvait constituer une bonne plate-forme pour l'essai des séismographes verticaux, nous avons modifié une bascule d'un modèle fort primitif dont nous disposions.

L'appareil décrit par E. Rothé et A. Frémy [1], que J. Rothé a bien voulu mettre à notre disposition, produisait un mouvement sensiblement sinusoïdal de $2^{cm},1$ d'amplitude. Ce mouvement était démultiplié dans le rapport 1 à 720 et appliqué au plateau de la bascule. Le mouvement vertical de ce plateau était amplifié au moyen d'un miroir monté sur un trépied optique type Chevenard. On obtenait ainsi une amplification de 388. Nous avons enregistré le mouvement du spot et comparé la courbe ainsi obtenue à celle dessinée en suivant le mouvement imprimé par l'excentrique au premier levier. Les courbes, tracées à l'échelle convenable, se superposent exactement et l'on observe nettement la dissymétrie de la courbe due à l'emploi d'un excentrique. Aux erreurs d'expériences près (5 %), nous avons donc pu imprimer au plateau de la bascule un déplacement d'une amplitude de 3/100 de millimètre tel que pouvaient le faire prévoir les rapports des leviers utilisés. Nous avons vérifié d'autre part, en plaçant le trépied optique en différents points de la plate-forme, que les déplacements de tous les points du plateau avaient la même amplitude.

L'appareil utilisé était par trop primitif, nous avons l'intention de faire construire une plate-forme par un constructeur de bascules. Nous pensons que l'horizontalité de la plate-forme pourra être maintenue avec une précision nettement supérieure à 10^{-5} radian, de façon que cette plate-forme permette l'essai de séismographes de période supérieure à 10 secondes, encore plus sensibles aux inclinaisons.

---

(1) *Publications du Bureau Central Séismologique International*, Série A, *Travaux scientifiques*, fasc. 4, 1927.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence à Madagascar d'une Diptérocarpacée du genre* Monotes. Note de M. **Henri Humbert**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les Diptérocarpacées étaient jusqu'ici totalement inconnues tant dans la flore actuelle que dans la flore fossile de Madagascar. Cette lacune dans la distribution géographique d'une des familles les plus représentatives des flores tropicales de l'ancien monde est maintenant comblée : dans un lot de plantes indéterminées de l'Herbier H. Perrier de la Bâthie, nous avons en effet trouvé des spécimens d'un arbuste dépourvu de fleurs, mais dont les fruits très caractéristiques ne laissent aucun doute sur l'attribution générique : il s'agit d'une espèce nouvelle de *Monotes*, recueillie par ce botaniste dans le Sud-Ouest de la Grande Ile, sur les grès de l'Isalo (bassin de l'Onilahy) vers 600^m d'altitude, en juillet 1910 (n° 4428). Nous l'appellerons *Monotes madagascariensis* Humb.; sa description détaillée sera publiée d'autre part (*Bulletin de la Société botanique de France*); sa diagnose distinctive peut se résumer ainsi :

Frutex vel arbor parva. Folia coriacea, persistentia; lamina elliptica, basi anguste rotundata vel leviter cuneata, apice latius rotundata, supra cerato-nitens, adspectu glaberrima sed glandulis minimis prædita, subtus tomento breve, fulvo, persistente, omnino tecta; nervi laterales utrinque 7-8, sub angulo 45° diducti. Sepala fructifera nitida, apice subacuta, nervis 5-7 utraque pagina conspicue prominulis. Fructus turbinatus, subtriqueter, superne truncato-depressus, apiculatus, breviter pubescens.

Le genre *Monotes* était considéré comme exclusivement africain; un assez grand nombre d'espèces ont été décrites récemment, en provenance de diverses parties de l'Afrique tropicale, principalement de la zone tropicale australe. A l'aire générique globale vient donc s'ajouter au moins le territoire de l'Isalo, auquel des particularités d'ordre à la fois édaphique et climatique confèrent une individualité bien marquée soulignée par l'existence de nombreuses espèces et même de genres endémiques.

Les *Monotes* constituent, avec les *Marquesia* africains, une sous-famille (Monotoïdées) qui se singularise par certains caractères morphologiques et anatomiques. Cette sous-famille est exclusivement africaine, la seule exception se rapportant à l'espèce qui fait l'objet de cette Note, tandis que les autres Diptérocarpacées actuelles (sous-famille des Diptérocarpoïdées) habitent l'Asie tropicale, les îles de la Sonde, Célèbes, les Philippines et la Nouvelle-Guinée; elles ont en outre un représentant aux Seychelles.

L'espèce malgache, par l'ensemble de ses caractères (autant qu'il est possible de l'affirmer en l'absence de fleurs), est aussi proche des espèces africaines que celles-ci le sont entre elles : toutes sont alliées de très près et dérivent manifestement d'un même rameau phylétique. Il s'agit donc là d'un nouveau représentant de l'élément floristique africano-malgache dont l'existence pose d'intéressants problèmes d'ordre paléogéographique.

Malgré la persistance d'un calice fructifère accrescent, la dispersion par voie aérienne à grande distance est absolument exclue en raison du poids des fruits et de l'insuffisant développement de cet appareil. L'extension des espèces de ce genre, comme celle des autres Diptérocarpacées, n'est possible que par voie terrestre, de proche en proche. La présence d'un *Monotes* à Madagascar apporte donc un nouveau cas à ajouter aux exemples de genres exclusivement africano-malgaches dont la présence simultanée sur le continent et sur la Grande Ile milite en faveur de l'hypothèse de connexions terrestres ayant permis leur passage. Le faible degré de différenciation entre les diverses espèces du genre, y compris l'espèce malgache, semble indiquer que, pour celui-ci, il s'agit d'une extension en rapport avec la moins ancienne de ces connexions, que divers arguments d'ordre biogéographique paraissent devoir faire remonter au Miocène.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur des phénomènes de diapause vraie observés au stade imaginal chez le Doryphore* (Leptinotarsa decemlineata *Say*). Note [1] de M. **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

La plupart des auteurs, depuis Riley, ont considéré que l'*arrêt d'activité* du Doryphore, à certaines périodes de l'année, était surtout lié aux fluctuations des facteurs climatiques (la chaleur et la sécheresse provoqueraient l'estivation; le refroidissement automnal déterminerait l'hibernation) [2].

Nous avons déjà signalé [3] que, dans le Limousin, les Doryphores de première génération s'enfouissent au mois d'août, une vingtaine de jours après leur mue imaginale et sans avoir pondu, tandis que les adultes ayant hiverné, et apparus en avril-mai, peuvent encore déposer de nombreux œufs. *L'enfouissement avant la ponte* caractérise la cessation de la vie active, ou *diapause* des imagos, qui peut avoir lieu même lorsque ces derniers sont placés en conditions optima d'activité (température 25°, hygrométrie 70 %).

Kozlowsky [4] a tenté d'obtenir, par élevage au laboratoire, une succession ininterrompue de générations. Citant une partie de ses expériences qui portent sur un nombre très réduit de couples (3 de deuxième et 4 de troisième générations), cet auteur conclut : « il est douteux que la diapause soit obligatoire chez *L. decemlineata*, car nous sommes parvenu aux adultes de la cinquième génération sans aucun arrêt ».

En 1943, nous avons repris des essais, que nous avions dû interrompre en 1939, avec un grand nombre de couples élevés, soit au laboratoire, soit en

(1) Séance du 18 septembre 1944.
(2) I. K. Breitenbecher, *Carnegie Instit. Pub.*, 427, 1918.
(3) *VIIe Congr. Intern. Entom.*, Berlin, 1939, p. 2663.
(4) *Ann. Épiphyties*, 3, 1, 1937, p. 99.

plein air, sur des plantes ou des rameaux jeunes de Pomme de terre, variété *Ackersegen.*

Voici les résultats obtenus, d'avril à septembre :

	En plein air, à partir de 8 couples, sont issues :		Au laboratoire, à partir de 9 couples, sont issues :	
1re génération...	64 femelles	aptes à la ponte 23 inactives 41	133 femelles	aptes à la ponte 35 inactives 98
2e » ...	des adultes inactifs, tous enfouis		44 »	aptes à la ponte 2 inactives 42
3e » ...	néant		7 »	toutes inactives

Au laboratoire, trois générations se sont donc succédé d'avril à septembre, mais *à chacune d'elles une fraction de plus en plus importante des imagos s'est enfouie* pour entrer en diapause (*asthénobiose* spontanée indépendante des conditions externes).

Ce fait peut être rapproché des constatations de É. Roubaud (5) sur les Muscides *hétérodynames*, en particulier sur *Mydæa platyptera*, où une génération peut léguer à la suivante une potentialité physiologique d'asthénobiose.

L'existence d'une *diapause vraie* au sens de É. Roubaud (6) (arrêt évolutif survenant sans causes apparentes, bien que l'Insecte soit placé dans des conditions optima pour son activité) est vérifiée, d'autre part, chez le Doryphore par les observations suivantes :

Mille adultes de première génération, collectés dès leur apparition, le 6 juillet 1943, à Versailles, sont placés en plein air, sous une grande cage de 3m sur 2m de côté, en présence d'une nourriture abondante : le 21 juillet plus de 500 individus étaient enfouis et, le 27 juillet, environ 820; à cette date, les femelles restant actives avaient commencé à pondre.

Chez le Doryphore, la diapause a une durée moyenne de quatre à six mois, aussi bien lorsque l'Insecte est soumis à un refroidissement naturel ou expérimental avant d'être replacé à température optimum, que lorsqu'il est maintenu en conditions optima d'activité constantes.

La réactivation des imagos, consécutive à la rupture normale de la diapause, a été observée au laboratoire depuis fin novembre 1943 jusqu'en mars 1944; d'où la possibilité d'élevages artificiels de Doryphores à partir de janvier.

Mais, si au cours de la diapause, on déterre des Doryphores non encore spontanément réactivés et, si on les place en conditions optima (en serre humide à 25° et sur des plantes jeunes de Pomme de terre), *ils se réenfouissent immédiatement.*

L'ensemble de nos observations permettent les remarques préliminaires suivantes :

---

(5) *Bull. Biol.*, 56, 1922, p. 455.

(6) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 324.

1° la diapause de *L. decemlineata* est caractérisée par l'arrêt de la fonction reproductrice (démontré par l'examen anatomo-histologique des gonades) et par une immobilisation souterraine de l'imago au sein d'un hibernaculum;

2° la durée de l'asthénobiose n'est pas fonction des facteurs externes (température et humidité); ceux-ci n'interviennent que pour faciliter la reprise de l'activité à partir de la cessation de la diapause. Si leurs seuils inférieurs d'efficacité ne sont pas atteints, la diapause se prolonge par une période de *pseudo-diapause* (selon la terminologie de Roubaud);

3° le déterminisme physiologique du phénomène de diapause vraie chez le Doryphore reste à préciser. Les particularités du comportement qui varient au cours de la vie du Doryphore (phototropisme, géotropisme) sont essentiellement liées aux changements d'état physiologique. Les tropismes observés sont une conséquence de ces changements d'état et non leur cause;

4° *a priori*, on ne repousse pas l'hypothèse d'après laquelle les populations étudiées seraient hétérogènes; des facteurs génétiques peuvent conditionner la présence ou non de la diapause chez certains individus.

En conclusion, il existe chez le Doryphore adulte un arrêt spontané de l'activité (diapause vraie de Roubaud) qui se produit ou non au cours d'une génération donnée, mais qui apparaît toujours, sous nos climats, dans une succession de deux ou trois générations.

La séance est levée à $15^{h}45^{m}$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 OCTOBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Une généralisation de la notion de corps-corpoïde. Un corpoïde remarquable de la théorie des corps valués.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Un ensemble Q organisé par deux lois de composition, addition $(+)$ et multiplication $(.)$ sera appelé un *corpoïde* par rapport à ces lois s'il satisfait aux conditions suivantes :

1° Q est un pseudo-groupe par rapport à la multiplication (autrement dit, la réunion d'un groupe $Q^{\star}$, dont l'unité sera notée 1, et d'un élément 0 [*zéro*] tel que, pour tout $a \in Q$, on ait $0.a = a.0 = 0$);

2° l'addition n'est définie que pour certains couples (a, b) d'éléments de Q, et pour de tels couples on dit que a est *addible* avec b (notation : $a \,\mathrm{AD}\, b$); pour tout $a \in Q$, on a $0 ada$; l'ensemble R des éléments de Q addibles avec 1 est un groupe abélien par rapport à l'addition, et tout $a \in Q$ addible avec un élément de R est $\in R$;

3° la multiplication est doublement distributive par rapport à l'addition, autrement dit, si $a \,\mathrm{AD}\, b \; (a, b, c \in Q)$, on a $a.c \,\mathrm{AD}\, b.c$, $c.a \,\mathrm{AD}\, c.b$, $(a+b).c = a.c + b.c$ et $c.(a+b) = c.a + c.b$.

On démontre que R est un corps (en général gauche), dit le *corps* du corpoïde Q, que l'ensemble $R^{\star}$ des éléments non nuls de R est un sous-groupe invariant de $Q^{\star}$, et que, par suite, $\mathfrak{M} = Q^{\star}/R^{\star}$ est un groupe, dit le *groupe* de corpoïde Q; que l'ensemble des éléments de Q addibles avec un $a \in Q$ est $a.R = R.a$. La caractéristique p de R sera dite aussi la *caractéristique de* Q. Q sera dit un corpoïde *commutatif* si sa multiplication est commutative.

Un sous-ensemble q de Q, qui est un corpoïde par rapport aux lois de composition qui y sont induites par celles de Q, est dit un *sous-corpoïde* de Q [et Q est dit une *extension* (corpoïdale) de q] si le corps r de q est égal à $R \cap q$. On peut identifier, d'une manière évidente, r avec un sous-groupe de R et le groupe $\mathfrak{m}$ de q avec un sous-groupe de $\mathfrak{M}$. Ceci fait, on appellera le nombre $(Q:q) = (R:r)(\mathfrak{M}:\mathfrak{m})$, le *degré* de l'extension Q/q. Q étant un corpoïde commutatif, soit $\tilde{R}/r$ la plus grande sous-extension séparable de R/r, et soit $\tilde{\mathfrak{M}}$ le plus grand groupe entre $\mathfrak{m}$ et $\mathfrak{M}$ qui soit d'indice premier à p par rapport

à $\mathfrak{m}$; alors, $(\widetilde{Q}:q)=(\widetilde{R}:r)(\mathfrak{M}:\mathfrak{m})$ s'appelle le *degré réduit* de Q/q. Une extension corpoïdale commutative Q/q est dite *séparable* si $(Q:q)=(\widetilde{Q}:q)$. On prouve que parmi les sous-extensions séparables de Q/q il existe une plus grande $\widetilde{Q}/q$.

Une application σ d'une extension Q d'un corpoïde q dans une extension Q' de q est dite un *isomorphisme* de Q/q dans ou sur Q'/q, si elle est un isomorphisme de la structure (1) du corpoïde Q dans ou sur celle de Q' conservant les éléments de q. Si $Q'=Q$, un isomorphisme de Q/q sur Q'/q est dit un *automorphisme* de Q/q. Une extension corpoïdale commutative est dite *galoisienne* si elle possède $(\widetilde{Q}:q)$ automorphismes. On peut montrer que toute extension commutative Q d'un corpoïde (commutatif) q peut être plongée dans des extensions commutatives et galoisiennes Q' de q, et que toutes les extensions galoisiennes minimales Q^0/q contenant Q coïncident à un isomorphisme près. Ceci permet de définir, de la même manière que pour les extensions des corps commutatifs, le groupe $\mathcal{G}_{K/k}$ et l'hypergroupe $g_{K/k}$ de Galois (2) d'une extension corpoïdale commutative Q/q, et de prouver le *théorème de Galois* : *h étant un sous-hypergroupe $g_{K/k}$, il existe une et une seule sous-extension séparable $\overline{Q}/q$ de Q/q* (qu'on dit *appartenir à h dans* Q) *telle que $g_{Q/\overline{Q}}=h$, et $g_{\overline{Q}/q}$ s'identifie de façon habituelle avec le quotient droit* (3) $g_{Q/q}/g_{Q/\overline{Q}}$. La démonstration de ce théorème, qui sera donnée ailleurs, exige l'emploi d'une généralisation de la théorie de Galois ordinaire et du *Hauptgeschlechtssatz* de E. Noether (4).

Soit K un corps valué, et soit $\mathfrak{P}$ son idéal premier. Subdivisons K en classes, en mettant deux nombres α, β de K dans une même classe si, et seulement si $(\alpha/\beta)-1\in\mathfrak{P}$. Tous les nombres α d'une classe a ont une même valuation, qui sera notée $|a|$. L'ensemble des opposés $-\alpha$ des nombres α d'une classe a est une classe qui sera notée $-a$. $\{0\}$ est une classe, qui sera notée 0. On définira comme suit, dans l'ensemble S de ces classes, l'addition et la multiplication : le produit $a.b$ des a, $b\in S$ est l'ensemble des produits $\alpha\beta$, $\alpha\in a$, $\beta\in b$, au sens de la multiplication de K; un $a\in S$ est addible avec un $b\in S$, si, et seulement si $|a|=|b|$ ou $|a|=0$; si $a\,\mathrm{AD}\,b$ et si $b\neq -a$, la somme $a+b$ des a, $b\in S$ est l'ensemble des sommes $\alpha+\beta$, $\alpha\in a$, $\beta\in b$, au sens de l'addition de K; $a+(-a)=0(a\in S)$. L'ensemble S ainsi organisé est un corpoïde commutatif, dit le *squelette* de K; son corps R et son groupe $\mathfrak{M}$ peuvent être identifiés (et le seront) avec le corps de restes et le module de valuation de K, et S est, en quelque sorte, leur synthèse; k étant un sous-corps de K, le

(1) Voir N. Bourbaki, *Éléments de mathématiques*, livre I, fasc. de résultats, § 8.

(2) Voir par exemple Krasner, *Thèse* (*Mém. de l'Acad. de Belgique*, 11, 1937, IV, chap. I).

(3) Voir par exemple Krasner, *Duke Math. Journ.*, 6, 1940, p. 123.

(4) Voir par exemple Deuring, *Algebren*, p. 66.

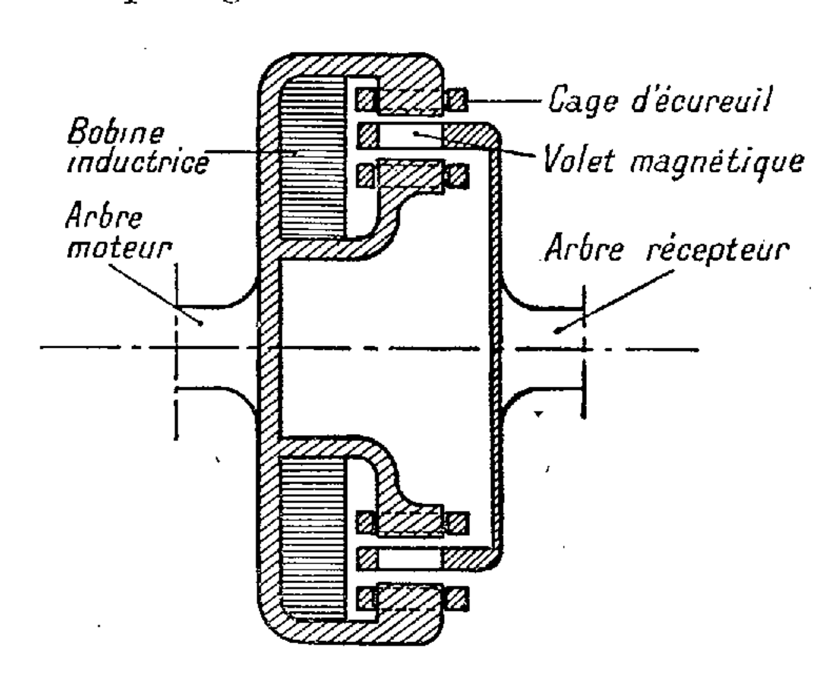
squelette s de k peut s'identifier avec un sous-corpoïde du squelette S de K. Des Notes qui suivront montreront que l'extension squelettique S/s d'une extension valuée K/k et son hypergroupe de Galois $g_{S/s}$ jouent un rôle important dans la théorie de la ramification de cette extension K/k.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Embrayage électrique d'un type spécial à faible inertie.* Note (1) de MM. **D. S. de Lavaud** et **Ch. Milde**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il est indispensable de pouvoir arrêter un véhicule à moteur thermique sans arrêter le moteur. Il est non moins nécessaire de pouvoir modifier, à tout moment, la démultiplication du mouvement fourni par le moteur. C'est là précisément le rôle de l'embrayage.

L'embrayage à friction, communément utilisé, présente deux inconvénients : si le glissement est nul, les couples perturbateurs indésirables sont intégralement transmis du moteur au véhicule et, ce qui est aussi gênant, du véhicule au moteur; si le couplage est progressif, le glissement est accompagné de l'usure des matières en contact.

Ces deux défauts sont supprimés par les embrayages hydrauliques ou électriques. L'embrayage électrique, objet de la Note actuelle, présente, outre des particularités qui apparaîtront au cours de la description, l'avantage d'un poids réduit qui permet son emploi généralisé dans l'automobile.



L'appareil comporte un circuit magnétique en acier doux, en forme d'anneau, dont la section pour un plan passant par l'axe est représentée dans la figure ci-dessus. Dans l'intérieur de l'anneau est logée une bobine inductrice circulaire de même axe que le circuit magnétique. Cet ensemble est solidaire du moteur; l'ouverture se trouve du côté de la boîte de vitesse. En bout de l'arbre mené est monté un disque non magnétique qui porte, à sa périphérie, une couronne de barrettes en acier doux équidistantes et perpendiculaires au plan du disque.

(1) Séance du 5 juin 1944.

Ces barrettes ou volets se trouvent du côté du moteur et s'engagent exactement dans l'espace libre entre les lèvres de l'anneau en laissant simplement un petit entrefer sur la périphérie extérieure, et un autre sur la périphérie intérieure. Il n'y a donc aucune liaison mécanique entre les deux arbres.

Si la bobine est parcourue par un courant continu, les volets, qui ferment le circuit magnétique, sont aimantés radialement, mais ne sont soumis à aucune force tangentielle. Pour créer cette force on dispose le circuit magnétique et, au voisinage des volets, deux induits du type dit *cage d'écureuil* à grand nombre de barres logées dans des encoches ouvertes sur l'entrefer.

Dans ces conditions, quand un volet aimanté se déplace entre ces deux induits, les courants, qui prennent naissance dans les barres des cages d'écureuil, tendent à s'opposer aux variations de flux, conformément à la loi de Lenz et, par conséquent, à diminuer le nombre de lignes de force sur le bord avant du volet pour les rejeter vers l'arrière, donnant naissance ainsi à une attraction magnétique dissymétrique qui tend à s'opposer au mouvement du volet.

Si, sans chercher à localiser la forme tangentielle, nous examinons le fonctionnement de l'appareil du point de vue énergétique, nous observons que, les cages d'écureuil constituant un système polyphasé, le flux dans la bobine inductrice demeure constant, la source d'excitation ne fournit donc toujours que la même puissance; en outre l'énergie magnétique emmagasinée demeure constante en moyenne.

La chaleur dégagée par les courants induits provient donc du travail mécanique exprimé par le produit du couple par le glissement angulaire entre les deux arbres.

Une théorie simplifiée, dans laquelle on suppose que le circuit magnétique n'est pas saturé et que les résistances et les coefficients d'inductance demeurent constants, montre que les éléments intéressants du fonctionnement sont donnés par un diagramme circulaire.

Selon ce diagramme, le couple augmente d'abord en même temps que le glissement, passe par un maximum et décroît ensuite quand le glissement continue à augmenter. Le couple maximum est atteint pour un glissement d'autant plus faible que la résistance ohmique de l'induit est plus réduite. Ces caractéristiques ne sont pas entièrement satisfaisantes pour l'automobile; elles ont été améliorées par l'introduction de nouveaux facteurs.

En fait la résistance n'est pas constante, elle augmente avec la fréquence par suite de la localisation superficielle du courant; un choix convenable de la saturation magnétique, de la forme des barres de l'induit, et du nombre de volets, a permis d'utiliser cet effet pour augmenter le couple aux grands glissements, ce qui répond aux exigences qui se présentent au démarrage.

La particularité de l'embrayage que nous venons de décrire est que tous les éléments de grande inertie, circuit magnétique, bobine inductrice et cages

d'écureuil, sont groupés en un ensemble unique qui est solidaire du moteur et qui tient lieu de volant.

La partie liée à l'arbre mené ne comporte que les volets et présente, comme il convient, une inertie extrêmement réduite, ce qui est indispensable pour les applications envisagées.

De plus, pendant le changement possible de la démultiplication sur l'arbre mené, le courant d'excitation se trouve momentanément coupé, ce qui facilite considérablement ce changement.

Un autre avantage de cette disposition est que l'appareil peut subir une surcharge momentanée importante sans que sa température atteigne une valeur dangereuse, car la dissipation des calories est exclusivement localisée dans la partie de grande inertie calorifuge solidaire du moteur.

Enfin la réalisation de l'appareil sous cette forme permet de le loger dans le même espace qu'un embrayage mécanique ordinaire et de prévoir son application à tous les modes de locomotion mécanique.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Influence de la longueur d'onde sur le niveau général des parasites atmosphériques.* Note (¹) de M. **Robert Bureau**, présentée par M. Charles Maurain.

Une expérience, presque aussi ancienne que les premiers essais de radiotélégraphie, montre que le niveau des atmosphériques croît quand la longueur d'onde augmente. Cette propriété fut même, avant qu'on fît usage des ondes courtes, le principal obstacle aux liaisons radiotélégraphiques à très grande distance, qui se faisaient alors sur des ondes très longues (de 14000 à 22000^m). J'ai étudié depuis longtemps déjà ce phénomène sur la partie du spectre radioélectrique relative aux ondes myriamétriques (10000 à 25000^m) au moyen d'enregistrements permanents du niveau des atmosphériques, et j'ai signalé que cette influence spectrale était due à l'intervention de l'ionosphère sur la propagation à grande distance de l'énergie rayonnée par les sources d'atmosphériques (²). Il restait à étendre cette étude sur l'ensemble du spectre radioélectrique depuis les ondes kilométriques jusqu'aux ondes décamétriques. Dans le but de résoudre ce problème, j'ai procédé pendant plusieurs années à des enregistrements permanents simultanés du niveau moyen des atmosphériques sur environ six ondes réparties comme suit : 25000^m, 11000^m, 5000^m, 2000^m, 800^m, 115^m. Sur la gamme des ondes courtes, où les difficultés d'enregistrement sans brouillages s'accumulent et où l'on doit de temps à autre se défendre en changeant de longueur d'onde, j'ai recueilli une documentation

(¹) Séance du 25 septembre 1944.

(²) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 170; *La Météorologie*, nouv. série, **7**, 1931, p. 210.

assez étendue, tantôt sur une onde, tantôt sur une autre, les principales ondes utilisées étant 20^m, 26^m, 33^m et 85^m.

Les principales conclusions auxquelles conduit l'analyse de cette vaste documentation sont les suivantes : dans l'ensemble l'influence de la longueur d'onde s'exerce par une variation de la portée des sources d'atmosphériques. Sauf quelques exceptions sur lesquelles nous reviendrons plus loin, la portée des sources d'atmosphériques diminue quand la longueur d'onde diminue. C'est-à-dire que, toutes choses égales d'ailleurs, le choix d'une longueur d'onde pour un enregistreur revient à choisir le rayon dans lequel on détecte les orages par l'interception des ondes rayonnées par leurs éclairs. Plus la longueur d'onde est courte, plus ce rayon se rétrécit. En gros, le niveau des atmosphériques se réduit donc rapidement comme se réduit la surface explorée à distance, c'est-à-dire en raison inverse du carré de la portée. Ainsi s'explique la variation de la forme des courbes quotidiennes avec la longueur d'onde; variation d'autant moins accentuée que les principales sources d'atmosphériques sont plus proches; quand dominent les foyers orageux à faible distance, les courbes des différentes longueurs d'onde sont de plus en plus semblables les unes aux autres. Même en l'absence de toute documentation autre que les enregistrements d'atmosphériques, l'analyse de certains cas simples permet d'atteindre certaines conclusions numériques. C'est ainsi qu'il est possible de présenter, avec toutes les réserves qui s'imposent et à titre indicatif, le tableau suivant donnant des ordres de grandeur de la portée des atmosphériques en fonction de la longuenr d'onde. Il serait prématuré de dire quelle est la stabilité de ces résultats et comment ils varient, en particulier en fonction de la saison et de l'époque. Ils ont trait à des exemples de jour; les portées de nuit sont beaucoup plus considérables, tout au moins pour les ondes hectométriques et plus longues.

Longueur d'onde (m)......	25000	11000	5000	2000	800	115	26
Portée (km).............	>3000	2500	1500	1000	400	100	46 environ

Le cas des ondes courtes mérite une mention particulière. On y doit distinguer deux catégories : *a*. les atmosphériques provenant directement des éclairs d'orages rapprochés; *b*. les atmosphériques propagés par l'ionosphère. Dans cette dernière catégorie le fait principal est l'intervention de la zone de silence, qui est elle-même la conséquence d'une mauvaise propagation due à une courbure insuffisante du rayon radioélectrique, par suite d'une densité électronique trop faible dans l'ionosphère. Il en résulte une disparition brutale des atmosphériques au début de la nuit, et une réapparition brutale au lever du Soleil, le phénomène matinal étant moins accentué que celui du soir. Le niveau général de ces atmosphériques est le plus souvent trop faible pour qu'on puisse sortir parmi les brouillages une courbe bien nette. Les jours où ce niveau est suffisant, voici à peu près comment se présente l'allure des courbes :

la courbe commence à se dessiner au début de l'après-midi; elle accuse de grandes ondulations dont l'enveloppe s'élève progressivement jusqu'aux environs du coucher du Soleil; ces ondulations paraissent les mêmes que celles qu'on observe au même moment dans le champ de certains émetteurs lointains sur ondes courtes. Finalement la courbe retombe brutalement vers le zéro en une fois ou en plusieurs fois; le plus souvent la courbe reste au zéro pendant la nuit.

A côté de ces particularités rencontrées sur ondes courtes, il convient d'en signaler une localisée dans le spectre entre une limite assez floue vers 7000^{m} de longueur d'onde, et une limite beaucoup plus nette vers 16000^{m}. C'est l'existence d'une crevasse au lever et surtout au coucher du Soleil due à une forte absorption des ondes comprises entre ces deux limites chaque fois que la séparation du jour et de la nuit se trouve entre le foyer d'atmosphériques et l'enregistreur. Cette crevasse se manifeste pour des distances supérieures à 750^{km} environ. Elle a pour conséquence d'affaiblir à ce point la portée sur 11000^{m} et les ondes voisines que celle-ci devient inférieure à la portée sur 2000^{m} de longueur d'onde; il n'est pas rare d'assister vers le coucher du Soleil à une montée brutale de la courbe sur 2000^{m} au moment où celle sur 11000^{m} descend vers le fond de sa crevasse.

Ces résultats montrent tout le parti que l'on pourra tirer des enregistrements du spectre grâce à leurs indications d'ordre télémétrique. De telles indications rapprochées des données goniométriques faciliteront l'exploration à distance des principaux foyers d'atmosphériques, c'est-à-dire des principales zones orageuses.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la microsculpture interne du test des Gastéropodes.* Note de Mme **Laure-J. Lhoste.**

Au cours de la révision d'une collection de Planorbes fossiles du Tertiaire et du Quaternaire (conservée au Laboratoire de Géologie du Muséum), j'ai éprouvé la difficulté qu'il y avait à déterminer des Planorbes d'après les caractères extérieurs du test. De plus le test d'individus fossiles est souvent détérioré. C'est ce qui m'a amenée à rechercher s'il n'existait pas d'autres caractères permettant la détermination.

L'observation du tour embryonnaire (déjà pratiquée par les zoologistes) n'avait pas encore été appliquée à la détermination de Planorbes fossiles. L'étude du tour embryonnaire, dans ce genre, est relativement aisée, la chambre préconchyale étant conservée intacte. J'ai constaté la valeur spécifique des tours embryonnaires. De plus une certaine filiation existe entre les espèces d'un même sous-genre, ce qui est intéressant pour une première classification.

D'autre part l'interaction entre le milieu ambiant et l'individu édifiant son

test est indéniable. Cependant le test est bien le résultat d'une activité spéciale de l'organisme, puisque, comme l'a constaté M. Manigault, en 1939, « toute lésion du manteau entraîne l'absence de la coquille ». La participation organique de l'individu dans la constitution de son test m'a amenée à rechercher s'il n'était pas porteur de signes spécifiques.

Pour cela j'ai observé, à sec, avec des dispositifs épiscopiques permettant des grossissements de l'ordre de $\times 1000$ à $\times 1200$, des fragments de la face interne du test. On voit alors une ornementation, une microsculpture interne. C'est ainsi que *Planorbis carinatus* montre à l'observation des séries espacées de perles bien rondes, que *P. vortex* présente des perles oblongues dont les séries sont beaucoup plus rapprochées, et *P. lens*, espèce du Tertiaire, porte comme microsculpture des faisceaux de droites divergentes. Cette microsculpture spécifique est visible chez les espèces vivantes comme chez les fossiles.

J'ai observé une semblable microsculpture sur des genres autres que *Planorbis*. Elle semble devoir être considérée comme un caractère de détermination au même titre que la forme extérieure du test et de la bouche.

Du point de vue géologique, son intérêt réside en ce qu'elle permet d'identifier spécifiquement non seulement des individus complets, mais aussi des fragments isolés.

A 15h15m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 24 juillet 1944.)

Note de M. *André Charrueau*, Sur la déformation infiniment petite et sur des congruences qui s'y rattachent :

Page 107, ligne 14, *au lieu de* $P'(x, y_1, z)$, *lire* $P'(x_1, y_1, z)$.

Page 108, remplacer la note du bas de la page, par *Bull. Sci. math.*, 2e série, **68**, mars-avril 1944, p. 66.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1944.

PRESIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Eugène Fabry**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Marseille le 6 octobre 1944.

PHYSIOLOGIE. — *Étude du transit digestif chez le Lapin, en fonction de l'administration de farines à taux d'extraction différents et de son.* Note (¹) de MM. **Léon Binet**, **Roger Crosnier** et Mlle **Jacqueline Margueritte**.

Les données numériques figurant dans ce travail ont un caractère strictement expérimental, et se rapportent essentiellement aux différences de temps enregistrées dans le transit digestif.

Le régime d'épreuve auquel ont été soumis les animaux en expérience, farine ou son, a été mélangé au Chou distribué. Les farines (farines de Blé) avaient un taux d'extraction bien déterminé, 80 %, 90 % et 98 %. L'appréciation du transit a pu être chiffré par usage de carmin, dont la dose a dû être portée à $0^g,70$ et $0^g,80$, par suite de l'insuffisance de coloration communiquée parfois aux résidus fécaux avec une dose de $0^g,50$ et la difficulté également éprouvée à suivre le cycle normal d'élimination carminée.

	Nombre de		Transit carminé		
Farine.	lapins.	déterminations.	valeur moyenne.	valeur extrême.	valeur exacte.
A 80 % ...	5	23	> 26 h 40	24 h 30-29 h 45	27 h (16 dét.)
90 ...	4	40	< 19	< 15 h	–
98 ...	5	40	< 20 45	< 15.	19 h 15
Son.......	6	35	< 19	< 15	–

Toutefois il n'a pas été possible de définir dans chaque série d'expérimentation le volume moyen des fèces excrétées et partant d'établir un bilan comparatif les concernant. L'élimination du contenu intestinal est en effet trop irrégulière

(¹) Séance 16 août 1944.

et trop capricieuse chez le Lapin pour qu'il soit possible de tirer des déductions certaines de cet ordre de constatations. Les résultats de cette expérimentation sont intéressants à transposer, si l'on considère que le Lapin, par affinités naturelles, s'accommode mieux de son que de farine pour sa nourriture.

Toutefois la verdure et le fourrage constituent pour cet animal une base alimentaire de principe, en sorte que ni l'un ni l'autre ne peuvent fausser les indications absolues fournies par l'étude du transit, en fonction de l'ingestion de son et de farines à 80 %, 90 % et 98 %.

Il importe de retenir, à titre de mesure comparative, les indications essentielles portées dans la colonne *valeur moyenne*.

Le tableau ci-après synthétise les données d'ensemble.

Farine.	Transit digestif.	Caractères généraux des matières fécales.	Flore iodophile.	Flore microbienne.
A 80 %...	26 h 40	–	Flore iodophile (densité faible) +	Flore mixte (bleue et rouge)
90 ...	19	Débris cellulosiques	Flore iodophile (cocci + bacilles; qq. *Cl. butyricum*) (densité accrue) ++	Flore mixte (à prédominance rouge légère)
98 ...	20 45	Débris cellulosiques accrus.	Flore iodophile marquée +++ (*Cl. butyricum*)	Flore rouge ou mixte, à forte prédominance rouge
Son.....	19	Débris cellulosiques accrus.	Flore iodophile marquée +++ (*Cl. butyricum*)	Flore rouge ou mixte, à forte prédominance rouge

REMARQUES. — 1° *Flore iodophile*. — Flore constituée d'éléments microbiens colorables électivement par la solution iodoiodurée et dont l'importance est fonction de la richesse du milieu hydrocarboné où ils évoluent, se raréfiant ou disparaissant au fur et à mesure que cessent les processus de fermentation correspondante.

2° *Flore mixte*. — Flore composée par des germes, se colorant par la méthode de Gram ou ne prenant pas cette coloration, la densité des uns et des autres s'équilibrant.

Gram + (violet), microbes de putréfaction.

Gram — (rouge), » fermentation hydrocarbonée.

3° La présence de *Clostridium butyricum* correspond à une importance accrue de la flore iodophile (flore marquée = bacilles et bactéries prépondérants); flore discrète = cocci; flore moyenne = bacilles et cocci.

4° La *flore rouge* signe donc la prédominance de la fermentation hydrocarbonée, la *flore mixte* répondant à la flore intestinale normale.

5° La cellulose conditionne pour une large part les processus observés.

De ce tableau synthétique on peut donc tirer les déductions suivantes :

a. La farine à 80 % est intéressante physiologiquement à considérer, car elle permet au transit de s'accomplir dans des délais satisfaisants.

b. Il y a très sensiblement équivalence pour la durée du transit pour les farines à 90 %, 98 % et le son.

c. Le seul écart objectivement important est celui qui existe entre la farine à 80 % d'une part, et les autres farines et le son, d'autre part; cet écart oscille entre 6 heures et 7 heures 30 minutes.

d. La farine à 90 %, momentanément envisagée et distribuée, pour corriger les effets d'une farine à taux d'extraction trop élevé, se comporte en réalité ici comme la farine à 98 % et le son.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. **L. Cayeux**, **Ch. Jacob**, **Ch. Mauguin**, **A. Chevalier**, **F. Grandjean**, **Em. de Margerie**, **Em. de Martonne** sont désignés pour constituer, avec le Bureau de l'Académie, la Commission du *prix Albert Ier de Monaco*.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'ensemble des fonctions biharmoniques, régulières dans un cercle.* Note (¹) de M. **F. Teissier du Cros**, présentée par M. Paul Montel.

J'ai défini (²) l'ensemble des *fonctions harmoniques* régulières dans un cercle C comme l'ensemble additif des fonctions continues jouissant de la propriété P ci-après, qui admet les transformations circulaires changeant C en lui-même, ou en un cercle recouvrant C.

P. — *Dans un cercle quelconque intérieur à* C, *une fonction de l'ensemble atteint son maximum sur la circonférence.*

L'*additivité* dont il s'agit est algébrique : si $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$ font partie de l'ensemble, $af_1(x, y)+bf_2(x, y)$ en fait aussi partie, quelles que soient les constantes réelles a et b.

La démonstration subsiste lorsqu'on remplace P par :

P′. — *Si c et c′ sont deux circonférences concentriques intérieures à* C, *toute fonction de l'ensemble, non supérieure à a* (const.) *sur c et non inférieure à a sur c′, est égale à a.*

De même l'ensemble des *fonctions biharmoniques* régulières dans C peut être défini comme l'ensemble additif des fonctions continues jouissant de la propriété P″, qui admet les transformations ponctuelles T; P″ et T étant définies comme suit.

P″. — *On donne une fonction $f(x, y)$ de l'ensemble et trois circonférences concentriques c_1, c_2, c_3 intérieures à* C.

Si la différence $f(x, y)-\alpha-\beta(x^2+y^2)$, ($\alpha$, β const.), *ne prend pas un certain signe sur la circonférence médiane c_2, et ne prend pas le signe opposé sur les circonférences c_1 et c_3, $f(x, y)$ est égale à $\alpha+\beta(x^2+y^2)$.*

(¹) Séance du 16 août 1944.

(²) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 437.

TRANSFORMATIONS T. — *On donne une fonction $f(x, y)$ de l'ensemble, un cercle γ intérieur à C, une inversion ou symétrie qui transforme γ en γ' et le point $m(x, y)$ en $m'(x', y')$.*

J'appelle $\gamma(x, y)$ et $\gamma'(x', y')$ les puissances de m par rapport à γ et de m' par rapport à γ'; la transformée de f est définie par

$$f'(x', y') = f(x, y) \cdot \frac{\gamma'(x', y')}{\gamma(x, y)}.$$

Le produit de deux telles opérations est, par définition, une transformation T *lorsque le cercle transformé de* C *recouvre* C *ou coïncide avec lui.*

Nous n'aurons à utiliser pour la démonstration que les transformations particulières :

T_1, *homothéties* de centre intérieur à C et de rapport supérieur à l'unité;

T_2, *rotations* autour de O, centre de C.

Soient $f(x, y)$ ou, pour abréger, $f(m)$ une fonction de l'ensemble, et c une circonférence intérieure à C, de centre ω. Une *homothétie* transforme c en C, ω en O, m en M, $f(m)$ en $f'(M)$, égale au produit de f par une constante; par suite, la fonction $F(M) = f(m)$ fait aussi partie de l'ensemble.

Soit n entier, une *rotation* de l'angle $2\pi k/n$ (k entier $\leqq n$), qui amène M en M_k, transforme F(M) en $F(M_{n-k})$, de sorte que la moyenne

$$\Phi_n(M) = \frac{1}{n}[F(M_1) + F(M_2) + \ldots + F(M_{n-1}) + F(M)]$$

est une fonction de l'ensemble. Lorsque n augmente indéfiniment, le second membre tend vers $\overline{F(M)}$, moyenne de F sur la circonférence de centre O et de rayon OM.

La différence $|\Phi_n(M) - \overline{F(M)}|$ tend vers zéro, *uniformément* vis-à-vis de M. En effet, divisons le cercle C en n^2 cellules, par n rayons faisant des angles égaux et par $n - 1$ circonférences concentriques équidistantes, et soit δ_n la plus grande oscillation de F dans une cellule. La différence ci-dessus est, quel que soit M, inférieure à δ_n, quantité qui tend vers zéro lorsque n croît indéfiniment.

$\overline{F(M)}$, fonction continue de la seule quantité $OM = r$, sera appelée $g(r)$; je dis qu'elle est de la forme $\alpha + \beta r^2$. En effet, supposons qu'il en soit autrement; on pourrait trouver trois nombres α, β, γ ($\gamma > 0$), et trois rayons r_1, r_2, r_3 compris entre O et R, tels que

$$\left\{\begin{array}{l} g(r_1) - \alpha - \beta r_1^2 < -\gamma \\ g(r_2) - \alpha - \beta r_2^2 > \gamma \\ g(r_3) - \alpha - \beta r_3^2 < -\gamma \end{array}\right. \quad \text{ou} \quad \left\{\begin{array}{l} g(r_1) - \alpha - \beta r_1^2 > \gamma \\ g(r_2) - \alpha - \beta r_2^2 < -\gamma \\ g(r_3) - \alpha - \beta r_3^2 > \gamma. \end{array}\right.$$

En choisissant n assez grand, $|\Phi_n(M) - g(r)|$ est inférieur, en tout point de C, à $\gamma/2$, de sorte que les inégalités précédentes subsistent quand on y remplace $g(r_i)$ par $\Phi_n(M)$, avec $OM = r_i$, et γ par $\gamma/2$. Mais, en vertu de la

propriété P″, $\Phi_n(M)$ doit être identique à $\alpha + \beta r^2$, et il en est de même de $g(r)$, contrairement à l'hypothèse.

Il est donc nécessaire que $\overline{F(M)} = \alpha + \beta r^2$, ou, en revenant au cercle c, $\overline{f(m)} = \alpha + \beta' \rho^2$ ($\beta' =$ const., $\rho = \omega m$). Les constantes α et β' ne dépendant que du point ω, cette identité caractérise une *fonction biharmonique*.

Inversement l'ensemble de ces fonctions satisfait à toutes les propriétés données : notamment P″ s'établit à l'aide de la formule d'Almansi, et l'invariance du caractère biharmonique par les transformations T résulte d'un théorème de Lord Kelvin.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La fonction caractéristique quantique à plusieurs variables et les spectres des grandeurs simultanément mesurables.* Note [1] de M. **Edmond Arnous.**

Les expressions données [2] pour la fonction caractéristique, la fonction de répartition et la densité de répartition du spectre d'une observable, en Mécanique ondulatoire, s'étendent sans difficulté au cas des couples de grandeurs, mesurables au cours d'une même observation. Elles semblent pouvoir rendre de réels services dans l'étude des spectres continus de ces couples, grâce à l'emploi possible du calcul symbolique.

Désignons par A et B deux de ces grandeurs. Le résultat de leur mesure peut être représenté, dans un plan, par un point de coordonnées (a, b) et l'ensemble des résultats possibles et des probabilités correspondantes, par une masse-unité répandue sur ce plan. La fonction caractéristique de cette répartition de masses a pour expression [3]

$$K(u, v) = \int_D \Psi^* e^{i(uA+vB)} \Psi \, dq,$$

où u et v désignent deux paramètres. Soient en effet :

x les variables qui figurent dans A sans figurer dans B;
y les variables qui figurent dans A et dans B;
z les variables qui figurent dans B sans figurer dans A;
w les variables ne figurant ni dans A ni dans B;
$\varphi_m(x, y)$ les fonctions propres de A;
$\chi_n(y, z)$ les fonctions propres de B;

il existe un système complet de fonctions orthogonales ω_l telles que

$$\omega_l(x, y, z, w) = \Phi_{lm}(z, w)\varphi_m(x, y) = X_{ln}(x, w)\chi_n(y, z).$$

---

(1) Séance du 19 juin 1944.
(2) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 108.
(3) Pour les notations voir la Note citée.

Développons Ψ dans ce système : $\Psi = \sum c_l \omega_l$,

$$K(u, v) = \int_D (e^{-ivB}\Psi)^*(e^{iuA}\Psi)\, dq = \sum_{m,n} e^{i(ua_m + vb_n)} \left[\sum_l |c_l|^2 \right].$$

Dans cette expression l peut prendre toutes les valeurs pour lesquelles φ_m et χ_m sont simultanément facteurs de ω_l. $\sum |c_l|^2$ est donc bien la probabilité pour qu'on ait à la fois $A = a_m$ et $B = b_n$.

Désignons par $F(a, b)$ et appelons *fonction de répartition* la masse située dans le plan (a, b) au-dessous de l'horizontale d'ordonnée b et à gauche de la verticale d'abscisse a. Désignons par $f(a, b)$ la *densité de répartition*. On trouvera ici

$$F(a, b) - F(\alpha, \beta) = \int_D \Psi^*[\mathbf{1}(A - \alpha) - \mathbf{1}(A - a)][\mathbf{1}(B - \beta) - \mathbf{1}(B - b)]\Psi\, dq,$$

$$f(a, b) = \int_D \Psi^* \delta(A - a)\, \delta(B - b) \Psi\, dq,$$

où les opérateurs $\mathbf{1}$ et δ sont définis par

$$\mathbf{1}(A) h(q) = \frac{1}{2\pi} \lim_{U \to \infty} \int_{-U}^{U} \frac{e^{iuA} - 1}{iu} h(q)\, du,$$

$$\delta(A) h(q) = \frac{1}{2\pi} \lim_{U \to \infty} \int_{-U}^{U} e^{iuA} h(q)\, du = \lim_{U \to \infty} \frac{\sin 2\pi UA}{\pi A} h(q);$$

$h(q)$ désigne une fonction quelconque des q; le signe lim doit être placé devant le signe $\int_D$.

Voici un exemple, le spectre du couple énergie-quantité de mouvement p_x d'un point libre dans l'espace, dans le cas de Darwin. Il mettra en lumière les ressources de la méthode de la fonction caractéristique, associée aux méthodes du calcul symbolique :

$$K(u, v) = \int (e^{-iup_x}\Psi_0)^*(e^{ivH}\Psi_0)\, dq = \int \Psi_0^* \left(x + \frac{hu}{2\pi}\right) \Psi\left(t = \frac{hv}{2\pi}\right) dq$$

$$= \frac{e^{\frac{1}{1 - 2\lambda^2 iv}\left(\frac{mv_0^2}{2} iv - \frac{\sigma_p^2 u^2}{2} + imv_x u\right)}}{(1 - 2\lambda^2 iv)^{\frac{3}{2}}},$$

où l'on a posé

$$v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2, \qquad \lambda^2 = \frac{h^2}{32\pi^2 m\sigma^2} \qquad \text{et} \qquad \sigma_p = \frac{h}{4\pi\sigma}.$$

La correspondance symbolique (¹) $e^{1/p} \subset I_0(\sqrt{t})$ permet de calculer la *densité de*

(¹) N. W. Mac Lachlan et P. Humbert, *Mém. Sc. Math.*, 100, 1941, p. 35.

répartition

$$f(a, b) = \begin{cases} \text{si} \quad b > \dfrac{a^2}{2m} & e^{-\frac{1}{2\lambda^2}\left(b - v_x a + \frac{m v_0^2}{2}\right)} I_0 \left[\sqrt{\dfrac{m(v_y^2 + v_z^2)\left(b - \dfrac{a^2}{2m}\right)}{2\lambda^4}} \right], \\ \text{si} \quad b < \dfrac{a^2}{2m} & 0, \end{cases}$$

où I_0 désigne la fonction de Bessel d'argument imaginaire. Le calcul de *la loi de* H *lié par* p_x permet de trouver

1° la *courbe de régression*

$$b = \frac{a^2}{2m} + \frac{m(v_y^2 + v_z^2)}{2} + 2\lambda^2;$$

2° l'*équation de dispersion*

$$[\sigma_H^{(p)}]^2 = 2\lambda^2[m(v_y^2 + v_z^2) + 2\lambda^2].$$

Celle-ci ne dépend pas de *a*, la liaison est homoscédastique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des hydroxycétones dans le proche infrarouge.* Note ([1]) de M. **Jacques Dubois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les β-cétols, tels que les alcoyl-3 pentanolones-4.2 ([2]), présentent dans l'infrarouge proche vers 0$^\mu$,99 une bande $3\nu(\text{OH})_l$, très intense. Par dilution dans le tétrachlorure de carbone, il apparaît une autre bande $3\nu(\text{OH})_v$ vers 0$^\mu$,985, caractéristique des molécules non associées. Concurremment la bande $3\nu(\text{OH})_l$ décroît d'intensité. Nous avons étendu ces recherches à d'autres termes. C'est ainsi que l'on peut voir sur la figure 1 les enregistrements des

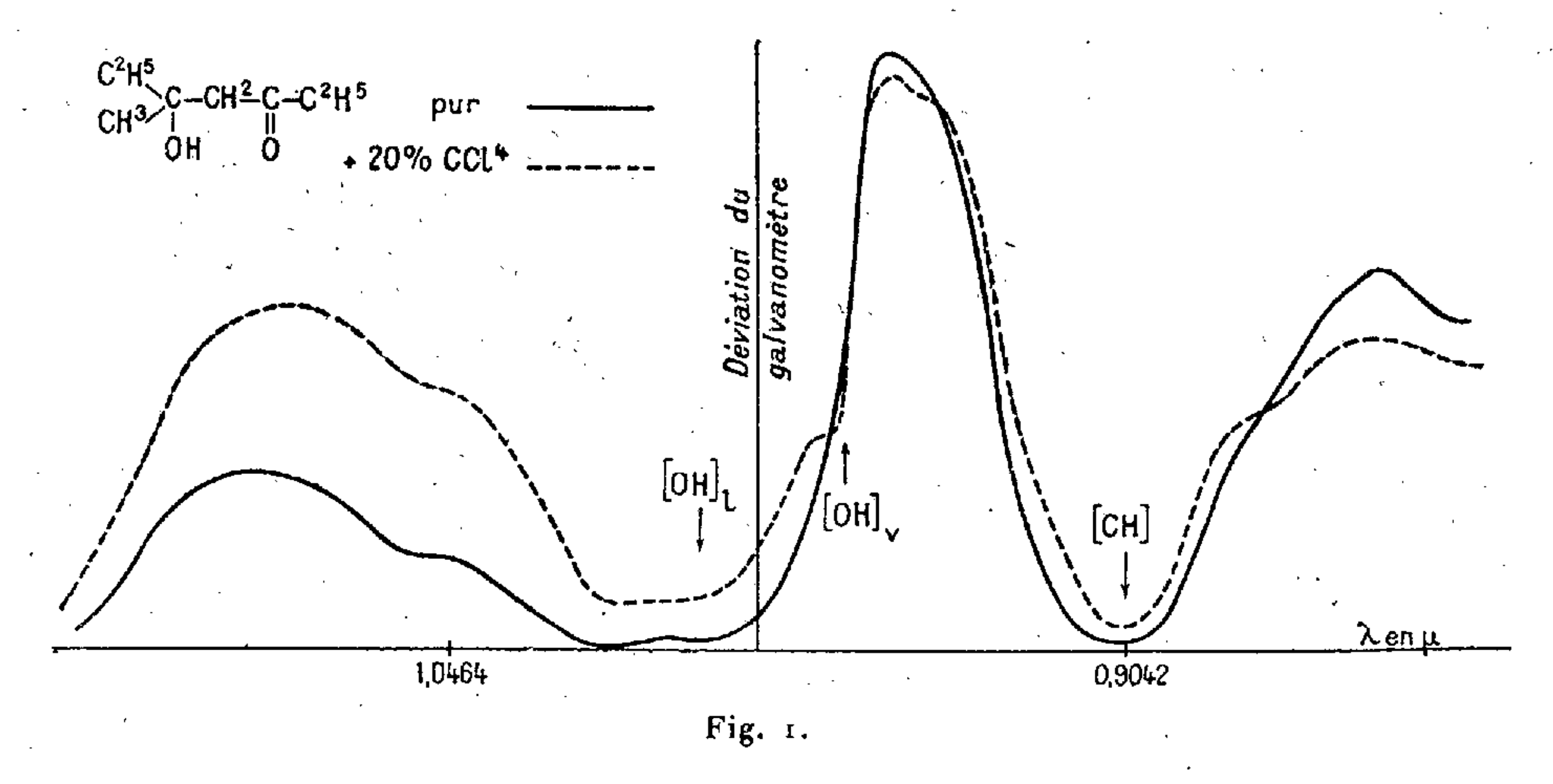


Fig. 1.

spectres de la méthyl-3 heptanolone-3.5 et de sa solution à 80 % dans le tétrachlorure de carbone. L'ensemble des résultats expérimentaux classe les β-cétols parmi les corps associés intermoléculairement.

([1]) Séance du 2 octobre 1944.

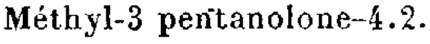
([2]) R. Heilmann et R. Freymann, *Annales de l'Université de Grenoble*, **19**, 1943, p. 1.

La présente Note fait partie d'un travail sur les α, β, γ cétols primaires, secondaires et tertiaires. Certains de ces cétols étant insolubles dans les solvants (CCl^4) non absorbants dans la région 0,8-1$^\mu$,2, nous avons mené, parallèlement à l'étude des dilutions, celle des mélanges *cétol-orthochlorophénol* selon la méthode décrite dans notre Note antérieure ([3]).

Nous avons étudié les β-cétols de formules générales

$$CH^3{-}CO{-}\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}{-}CHOH{-}CH^3, \qquad R{-}\underset{\displaystyle CH^3\quad OH}{\underset{\diagup\ \diagdown}{C}}{-}CH^2{-}CO{-}R$$

et les α-cétols $R{-}CO{-}CH^2OH$. Les fonctions alcool et cétone ayant des *pouvoirs associants* ([2]) voisins, nous avons entrepris ces recherches avec une plus grande rigueur par la méthode des deux cuves ([4]). A titre d'exemple les enregistrements des spectres de la méthyl-3 pentanolone-4.2 et de l'orthochlorophénol dans deux cuves d'épaisseur égale placées en série d'une part, et, de leur mélange à 50 % dans une seule cuve d'autre part, sont portés sur la figure 2.



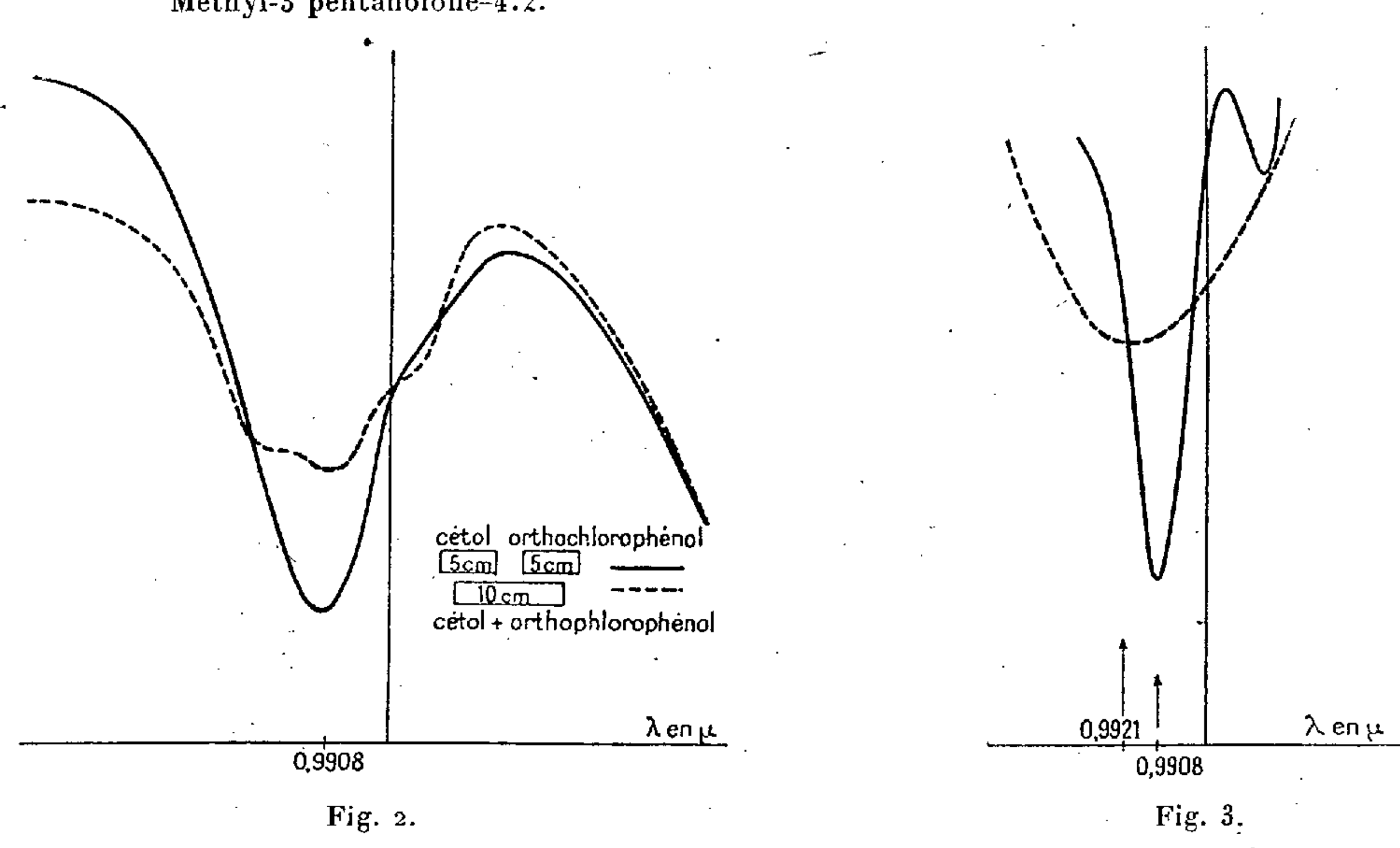


Fig. 2. Fig. 3.

Il importait de savoir si les groupements oxhydrile et cétonique se perturbaient intramoléculairement comme c'est le cas pour les salicylates (le pouvoir associant aurait alors été faible) ou si les cétols s'associaient intermoléculairement comme les alcools par exemple.

En fait les cétols étudiés ainsi, c'est-à-dire la propanolone-1.2, la pentanolone-4.2, la méthyl-3 pentanolone-4.2, la méthyl-2 pentanolone-4.2, la méthyl-3

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 333.

([4]) Badger et Bauer, *J. Chem. Phys.*, **4**, 1936, p. 469.

heptanolone-3.5, la méthyl-4 honalonone-4.6 se comportent comme des corps associés intermoléculairement. Pour 20 % d'orthochlorophénol, la bande [OH] de ce corps n'apparaît plus. Les fonctions —OH et C=O interviennent donc séparément; le pouvoir associant des cétols est légèrement supérieur à ceux des alcools et des cétones ([2]).

On peut voir sur la figure 3 les enregistrements des spectres de solutions à 20 % d'orthochlorophénol : *a*. dans le tétrachlorure de carbone (en trait plein); *b*. dans la propanolone-1.2 (en traits pointillés.)

Pour tous les β-cétols, l'allure des spectres est sensiblement la même. Nous avons dans cette étude fait varier la teneur en orthochlorophénol de 75 % à 20 % : la largeur et la forme de la bande résultante située vers $0^{\mu},99$ se rapprochent progressivement de celle de la bande $3\nu\,(OH)_l$ des cétols.

Pour les α-cétols, seule la forme de cette bande diffère légèrement.

En résumé la méthode à l'orthochlorophénol confirme la présence de liaisons intermoléculaires pour les cétols.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du tétracyanure de zinc et de potassium et du tétracyanure de nickel et de potassium.* Note de Mlle **Jeanne Brigando.**

J'ai reconnu ([1]) que les acides cobalti-, ferri- et chromihexacyanhydriques, ainsi que les acides argento- et cuprodicyanhydriques se comportent comme des acides forts. Par contre les acides argento et cuprotétracyanhydriques ont un domaine de stabilité trop faible pour être mis en évidence et, malgré l'analogie de leur composition, l'hydrolyse de leur sel de potassium n'est pas la même. Cette étude a été poursuivie d'après le même mode opératoire en m'adressant cette fois à des tétracyanures complexes dipotassiques $Zn(CN)^4K^2$ et $Ni(CN)^4K^2$.

$Zn(CN)^4K^2$. — La solution M/100 a un pH élevé, de l'ordre de 9,6. La courbe de titrage, déterminée en fonction du nombre de centimètres cubes de HClN ajoutés à 100^{cm^3} de la solution à 0°, est tracée dans le graphique ci-après. Les résultats sont du même ordre si l'on opère à la température ambiante. L'étude quantitative de cette courbe semble indiquer la formation intermédiaire d'un tricyanure de zinc et de potassium. Le cyanure de zinc commence à précipiter lorsque $0^{cm^3},6$-$0^{cm^3},8$ de HClN sont ajoutés; sa précipitation paraît totale pour 2^{cm^3}; pour 4^{cm^3} il est transformé en Cl^2Zn.

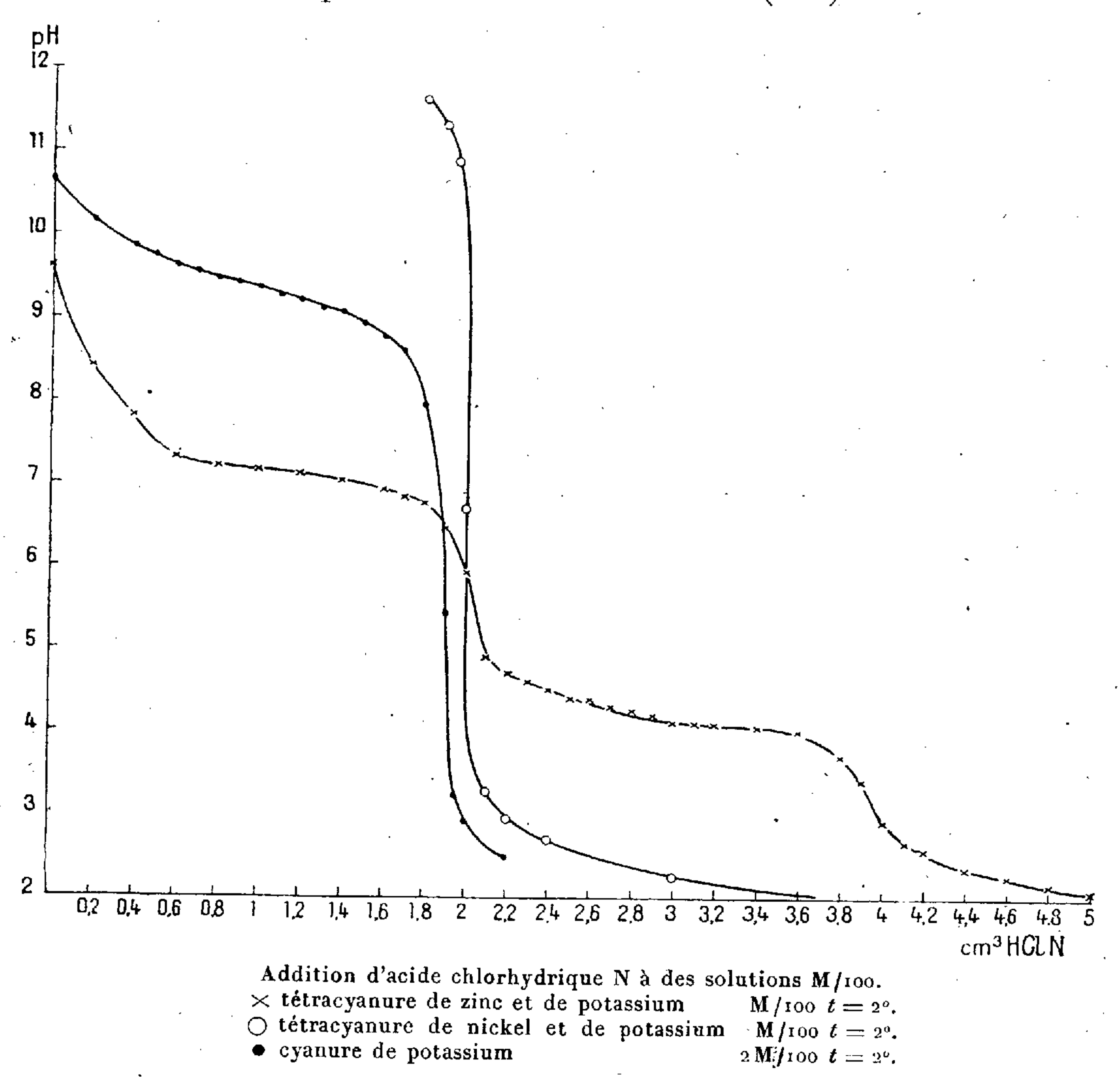
Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet d'une solution M/4 de $Zn(CN)^4K^2$ est comparable à celui d'une solution de CNK M.

$Ni(CN)^4K^2$. — Le pH d'une solution M/100 est 6,7. La courbe des pH est tracée en fonction du nombre de centimètres cubes de HClN et de NaOHN ajoutés à deux volumes distincts de concentration M/100 et à 0°. Elle correspond

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 197; **214**, 1942, pp. 908-910

à celle d'un acide fort dont les deux fonctions acides seraient identiques. Une solution M/100 acidifiée à un pH de 2,10 s'altère assez rapidement; ainsi cette solution acide, laissée 1 heure à 0°, titrée ensuite avec de la soude N, donne une courbe différente de celle de l'acide nickélotétracyanhydrique.

Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet de $Ni(CN)^4K^2$ a été déterminé



Addition d'acide chlorhydrique N à des solutions M/100.
× tétracyanure de zinc et de potassium M/100 $t = 2°$.
○ tétracyanure de nickel et de potassium M/100 $t = 2°$.
● cyanure de potassium 2M/100 $t = 2°$.

par différents auteurs et j'ai retrouvé les bandes d'absorption qu'ils ont signalées.

En résumé $Zn(CN)^4K^2$ et $Ni(CN)^4K^2$ se comportent très différemment. Le premier sel complexe est déjà décomposé en solution; pour le deuxième l'acide complexe est fort et il est assez stable pour être mis en évidence.

Les spectres d'absorption dans l'ultraviolet ne présentent aucune analogie. Pour $Ni(CN)^4K^2$, sel d'acide fort, on a des bandes d'absorption (il en était de même pour les acides ferri-, cobalti- et chromicyanhydriques). Pour $Zn(CN)^4K^2$, sel dissocié en solution, le spectre d'absorption ne présente qu'un fond d'absorption continue [il en était de même pour $Ag(CN)^4K^3$].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la précipitation de l'hydroxyde cuivrique.* Note de MM. **André Chrétien** et **Joseph Heubel**, transmise par M. Paul Lebeau.

Nous avons étudié par conductibilité électrique à 20° ± 0°1 l'action mutuelle de la soude et du sulfate cuivrique au sein de l'eau, en utilisant l'analyse chimique comme recoupement. Les deux solutions ont la même molarité, 1/20, 1/10 ou 1/2 mol/g/litre. Cette étude a mis en évidence les points suivants.

I. *Addition de la soude au sulfate cuivrique.* — *a.* La courbe des résistances (*fig.* 1), déterminée jusqu'à l'addition de $3^{mol},5$ Na(OH) par molécule SO^4Cu,

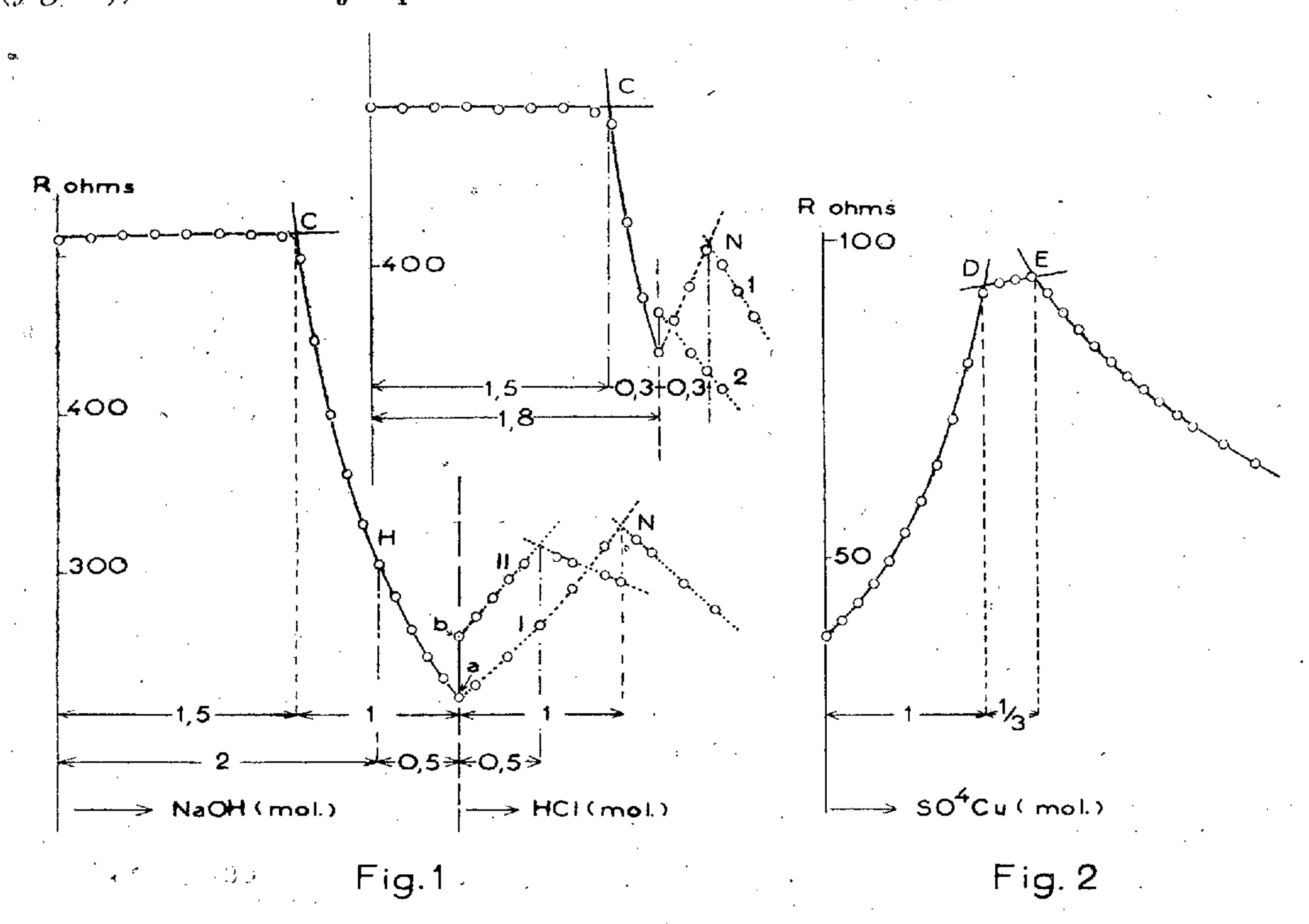


Fig. 1 Fig. 2

a deux branches seulement avec une cassure nette (C) pour $1^{mol},5$ Na(OH). La cassure marque la fin de la précipitation du sulfate tribasique $SO^4Cu, 3Cu(OH)^2$. Ce corps est formé dès la première addition de soude, qui est le 1/15 de la quantité totale nécessaire

$$4SO^4Cu + 6Na(OH) \rightarrow SO^4Cu3Cu(OH)^2 + 3SO^4Na^2.$$

L'hydroxyde $Cu(OH)^2$ passe inaperçu [point figuratif H, d'abscisse 2^{mol} Na(OH)].

b. Le sulfate tribasique précipité est stable en présence d'eau. Aucune action n'a été observée après 48 heures de contact à 20° malgré une vive agitation, pas plus qu'avec une ébullition de 15 à 20 minutes.

Il évolue, par contre, assez vite en présence de soude, se transformant tota-

lement en hydroxyde. Cette évolution est bien établie : pour toute addition de soude au delà de $1^{mol},5$, la résistance augmente notablement avec le temps jusqu'à un palier (ce palier s'élève à mesure que l'on dépasse cette valeur); corrélativement, le précipité s'appauvrit en sulfate; la neutralisation conductimétrique par l'acide chlorhydrique de la soude restant libre manifeste une diminution concomitante de la transformation du sulfate tribasique en hydroxyde suivant la réaction

$$SO^4Cu\,3Cu(OH)^2 + 2Na(OH) \rightarrow 4Cu(OH)^2 + SO^4Na^2.$$

Pour une même addition de soude, le point de neutralisation (N) est déplacé par vieillissement du système. Si l'on ajoute plus de 2^{mol} Na(OH) à 1^{mol} $SO\,Cu^4$, donc un excès par rapport à l'hydroxyde $Cu(OH)^2$, on retrouve seulement cet excès à la limite, quand la transformation du sulfate tribasique est terminée; il n'y a plus de soude résiduelle à la limite si l'addition est comprise entre 1,5 et 2^{mol} Na(OH). Au temps zéro, on trouve la différence entre la soude ajoutée et $1^{mol},5$ dans les deux cas. La figure 1 (1/10 mol/l) en donne un exemple pour chaque cas : addition de $2^{mol},5$ Na(OH), le point d'équivalence est à 1^{mol} [courbe (I) initiale] ou à $0^{mol},5$ [courbe (II) limite], l'ordonnée *ab* représente l'augmentation de résistance qui accompagne la transformation complète du sulfate tribasique en hydroxyde; addition de 1^{mol} Na(OH), le point d'équivalence est à $0^{mol},3$ pour la courbe initiale (I); il disparaît pour la courbe limite (II).

II. *Addition du sulfate de cuivre à la soude.* — *a.* La courbe des résistances (*fig.* 2) a trois branches [elle a été tracée jusqu'à une addition de $3^{mol},5$ SO^4Cu pour 2^{mol} Na (OH)] qui déterminent deux points. Son allure est différente de la précédente. Le premier anguleux (D), d'abscisse 1^{mol} $SO\,Cu^4$, correspond à l'utilisation de toute la soude, avec précipitation d'hydroxyde pur

$$2Na(OH) + SO^4Cu \rightarrow Cu(OH)^2 + SO^4Na^2;$$

le second (E), d'abscisse $4/3^{mol}$ SO^4Cu, marque une réaction entre le sulfate de cuivre et l'hydroxyde, avec formation irréversible de sulfate tribasique :

$$3Cu(OH)^2 + SO^4Cu \rightarrow SO^4Cu\,3Cu(OH)^2.$$

En résumé, l'action mutuelle du sulfate de cuivre et de la soude donne deux composés insolubles, le sulfate tribasique et l'hydroxyde. Ces corps apparaissent *successivement*, mais dans un ordre différent suivant que la soude est ajoutée au sulfate ou inversement. Le passage de l'un à l'autre est facile, surtout de l'hydroxyde au sel basique, et *quantitatif*; mais il fait intervenir deux réactions d'allures différentes : *décomposition* (passage du sulfate tribasique à l'hydroxyde) ou *addition* (passage de l'hydroxyde au sulfate tribasique).

L'hydroxyde, qui est bleu, noircit peu à peu au sein de la *solution mère*, qui est alcaline, et cela dès 20°; le sulfate tribasique, d'un bleu vert clair, garde au contraire sa coloration.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Un Palmier producteur d'huile acclimaté sur la Côte d'Azur et son fruit, la noix de Coco-miniature*. Note de MM. **Maurice Loury**, **Pierre Henry** et Mlle **Jeanne Max**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Parmi les plantes qui donnent de l'huile, les Palmiers tiennent une place prépondérante tant par leur rendement que par la variété. C'est ainsi que le cocotier et l'elæis ont fait l'objet de très vastes plantations dans la zone tropicale, en raison de leur grande productivité. Les Palmiers *Babassu*, qui appartiennent aux genres Orbignya et Attalea, forment au Brésil des peuplements très étendus et donnent d'importants produits de cueillette.

Un autre arbre intéressant et beaucoup moins connu, est le *Jubæa spectabilis*, qui croît au Chili de part et d'autre du 36e degré de latitude Sud (entre Conception et Valparaiso).

L'un de nous a constaté que ce même Palmier, planté, sur le littoral de la Côte d'Azur, comme arbre d'ornement, s'y développe très bien, y fleurit et y fructifie comme dans son pays d'origine. Les différences de climat sont d'ailleurs peu marquées entre la région méditerranéenne et l'aire de répartition naturelle où vit le *Jubæa* : au Chili on le trouve très loin de la zone tropicale, dans des régions assez éloignées de la mer et relativement élevées, où la chute annuelle des pluies est très souvent inférieure à 1^m.

Du point de vue botanique, on peut le considérer comme intermédiaire entre le Cocotier et les Palmiers Babassu, particulièrement les Orbignya : il a le même nombre d'étamines dans sa fleur mâle que ces derniers (de 12 à 24, tandis que les Cocos n'en ont que 6). Cependant, fait curieux, son fruit a, en réduction, la même structure que la noix de Coco, et les divers noms qu'il a reçus des systématiciens montrent bien cette étroite parenté (*Micrococos Chilensis* Philip.; *Cocos chilensis* Molina; *Molinaea micrococos* Bertero; *Jubæa Chilensis* Johw sont synonymes de *Jubæa spectabilis* Humb. Bomp. et Kunth). On le trouve aussi sous le nom commun très imagé de *Coco-miniature*. A complet développement, c'est un arbre atteignant 15 à 20^m de haut. Ce qui frappe le plus dans son aspect, c'est l'extraordinaire renflement du stipe, qui peut avoir en son milieu 4^m de tour et même plus, et constitue un abondant réservoir d'eau et de sucres qui permet au Palmier de résister à de longues sécheresses. Au sommet de ce stipe une ample couronne de longues feuilles rigides, couvertes d'un léger enduit cireux, leur donne une teinte glauque. Les inflorescences comprennent, comme chez le Cocotier, des fleurs femelles à la base des rameaux et des fleurs mâles au sommet. Le fruit mûr est une drupe ayant la grosseur et l'aspect d'un citron de couleur jaune orangé et qui pèse de 25 à 40^g à l'état frais. Le mésocarpe, très sucré, est fibreux. L'endocarpe est trigone, lisse et présente trois pores germinatifs dans sa moitié supérieure. La graine a un tégument brun clair sillonné de filaments blanchâtres qui constituent la trace du raphé. L'albumen,

très abondant, est blanchâtre et renferme un tout petit embryon droit. La graine est creuse et dans cette cavité on trouve, avant complète maturité, un liquide sucré. Ces amandes rappellent tout à fait la noix de Coco, et les indigènes, au Chili, en font une grande consommation.

Les noix de Coco-miniature que nous avons recueillies sur la Côte d'Azur ont un poids moyen de $7^g,4$ et contiennent 36,5 % de chair. L'extraction de ces amandes broyées par l'éther de pétrole léger, fournit 67 % d'une huile très faiblement colorée, fluide, de saveur et d'odeur particulièrement fines à l'état frais. Cependant, comme la plupart des graisses de Coco, abandonnée sans précautions à l'air et à la lumière, elle a tendance à rancir assez rapidement. Ses indices physiques et chimiques sont très voisins de ceux du beurre de Coco. Toutefois son point de figeage, qui se situe à $8^o,4$, indique qu'elle reste généralement liquide sous notre climat. Elle présente une acidité libre de 1 % (en acide oléique), un indice de saponification voisin de 270, et un indice d'iode de 14 (Wijs). L'indice de saponification est le plus élevé des corps gras connus (huile de Coco, 250 à 255 en moyenne) et se rapproche de celui de certaines huiles essentielles (essence de camphre par exemple), comme l'avait déjà constaté C. A. Lathrap (¹). Son indice d'iode, notablement plus élevé que celui du beurre de Coco (8-9), explique son état liquide. Elle présente un indice en acides gras volatils (Reichert-Meissl) de 7 et 0,2 % d'insaponifiable.

Cette huile s'apparente indiscutablement au beurre de Coco par son origine et sa constitution chimique. Son état liquide sous notre climat doit être reporté au fait déjà constaté sur les huiles de lin et de tournesol et qui semble général, à savoir que l'indice d'iode augmente au fur et à mesure que la plante s'acclimate à des régions de plus en plus froides.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action mitoclasique du phényluréthane.* Note de M. **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

J. Lefèvre (¹), expérimentant sur des plantules de Blé, a indiqué que le phényluréthane, $C^6H^5NHCOOC^2H^5$, possédait un pouvoir mitoclasique semblable à celui de la colchicine. M. Simonet et M. Guinochet (²) ont confirmé ce fait en ce qui concerne le Blé, mais ont montré par contre que, chez le Lin, l'action exercée est différente et voisine de celle du *p*-dichlorobenzène. Plus récemment, G. Mangenot et S. Carpentier (³), étudiant les différents aspects du *syndrome mitoclasique*, ont précisé que le phényluréthane, comme la colchicine, ne permet pas d'observer la série des degrés d'inhibition correspondant

(¹) C. A. Lathrap, *Cotton Oil Press*, 6, viii, 1922, pp. 32-33.

(¹) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 301.

(²) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1667.

(³) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 105.

aux doses croissantes, mais provoque directement des hémicinèses et des stathmocinèses. Nous apportons ici quelques nouvelles précisions.

Les expériences ont été faites sur des bulbes d'*Allium Cepa* L., cultivés sur liquide de Knop dilué au demi et additionné de phényluréthane à différentes concentrations, les milieux étant renouvelés tous les jours. Pour réaliser ces concentrations on est parti d'une solution saturée, à la température du laboratoire, dont le titre est très sensiblement de 0,05 % et qu'on a diluée de 5 à 30 fois. Les effets observés ont été les suivants :

1° *Solution saturée* (0,5 %) *diluée au* 1/5. — Au point de vue morphologique, les racines peuvent croître de 1 à 2^{mm} pendant les 48 h. qui suivent l'immersion, puis l'allongement cesse définitivement; pendant cette période, 2 ou 3 des racines du bulbe peuvent former de légères intumescences; d'une façon générale, cependant, le phényluréthane ne provoque pas la tuméfaction des racines. 3 à 4 jours plus tard, les extrémités radiculaires deviennent jaunâtres, plus ou moins flaccides, présentent parfois un étranglement au-dessus de la zone méristématique, puis la mort des cellules survient rapidement. Au point de vue cytologique, des examens pratiqués au bout de 24 h. et de 48 h. montrent que les cinèses sont peu nombreuses; on rencontre toujours quelques cinèses normales, des stathmocinèses, des anaphases à fuseau tripolaire, de nombreuses pseudo-amitoses, des bourgeonnements nucléaires, des cellules plurinucléées, souvent avec noyaux de tailles inégales. Si, à intervalles réguliers, on remet une fraction de bulbe sur liquide de Knop dilué au demi, on constate que, après un traitement de 24 h. par le phényluréthane et un retour de 24 h. sur liquide de Knop au demi, la tuméfaction des racines est nette et générale, puis que l'allongement reprend rapidement et normalement (certaines cellules semblent avoir atteint un degré assez élevé de polyploïdie, les stathmocinèses disparaissent pratiquement, les cinèses normales abondent). Le retour à la normale est encore possible après 4 jours de traitement; il se manifeste par une tuméfaction générale au bout de 12 h., puis une reprise de la croissance, mais à un rythme plus faible que normalement. Enfin, après un traitement de 5 à 6 jours, lorsque certaines racines présentent les étranglements signalés plus haut, tout retour est impossible même pour les racines ne présentant pas cette altération morphologique. A cette dose, par conséquent, le phényluréthane manifeste une action mitoclasique nette (bien qu'on puisse toujours rencontrer quelques cinèses normales), mais les cinèses disparaissent très rapidement, l'allongement cesse et la mort survient au bout de quelques jours.

2° *Solutions saturées diluées au* 1/10 *et au* 1/15. — L'allongement continue ici très faiblement pendant les 4 ou 5 premiers jours, puis cesse définitivement. Les cinèses, déjà rares au bout de 2 à 3 jours, disparaissent pratiquement au bout de 7 jours; parmi celles-ci on retrouve les anomalies décrites plus haut, mais la proportion des cinèses normales est plus élevée.

3° *Solutions saturées diluées au* 1/20 *et au* 1/25. — Les stathmocinèses, rares par rapport aux cinèses normales, apparaissent vers le 2e ou le 3e jour, puis le nombre des cinèses diminue, ce qui se traduit par un allongement inférieur à la normale.

4° *Solution saturée diluée au* 1/30. — On observe quelques anomalies cinétiques, mais les cinèses normales, toujours nombreuses, au moins les premiers jours, permettent un allongement régulier.

En conclusion, nous constatons que l'action du phényluréthane sur les méristèmes d'*Allium Cepa* L. présente certaines particularités : sa toxicité est assez élevée et les doses nécessaires pour obtenir une action mitoclasique nette

conduisent plus ou moins rapidement à la mort des cellules. Son action mito-dépressive est également forte : les cinèses diminuent très rapidement de nombre, puis disparaissent complètement en quelques jours; au contraire, bien qu'on sache depuis les recherches de G. Mangenot ([4]) que la colchicine n'est pas mito-excitatrice comme on l'avait d'abord pensé, mais mito-dépressive, son action en ce sens est minime par rapport à celle du phényluréthane. Les racines, plongées dans le phényluréthane, ne forment pas de tumeurs; pour provoquer la tuméfaction, il faut, après un séjour convenable dans la solution de phényluréthane, les soustraire à l'action de ce corps. Même pour les fortes doses, un certain nombre de cinèses continuent à se dérouler normalement. Enfin on rencontre toujours des hémicinèses et anomalies nucléaires diverses en proportion nettement plus élevée que dans les traitements colchicinés.

Ces faits prouvent la complexité de l'action mitoclasique : le phényluréthane et la colchicine sont actuellement les deux corps agissant sur les cinèses de la façon la plus voisine, et cependant nous venons de montrer qu'il existe de nombreuses différences dans la modalité de leur action.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La vie des Algues huit ans dans le vide sous la tension de la vapeur d'eau et l'origine de l'oxygène libre de l'atmosphère.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Afin d'essayer de trancher la controverse régnant entre les géochimistes ([1]) et les biologistes ([2]) sur le rôle des plantes chlorophylliennes dans l'apparition et la conservation de l'oxygène libre de notre atmosphère, nous avons institué depuis longtemps diverses expériences.

Déjà en 1914 nous avions constaté que les protonémas des Mousses en culture pure dans des milieux nutritifs minéralisés, en tubes cachetés hermétiquement, pouvaient vivre dix ans dans une atmosphère confinée. Pendant le jour, les phénomènes de l'assimilation chlorophyllienne l'emportant sur ceux de la respiration, les protonémas décomposaient l'acide carbonique accumulé pendant la nuit précédente. Ils redonnaient de l'oxygène libre à leur atmosphère pour la respiration de la nuit suivante; et ainsi de suite, ces fonctions se compensant la nuit et le jour, il s'est formé un cycle pour le renouvellement de l'atmosphère confinée assurant la continuation de la vie. C'est ce qui se passe dans la biosphère terrestre où, grâce à la photosynthèse, les végétaux chlorophylliens déversent continuellement de l'oxygène libre et maintiennent ainsi son taux autour de 21 %. Mais une autre question capitale intéressant l'apparition de la vie à la surface de notre planète se posait : Est-ce que les plantes vertes seraient

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 501.

([1]) Svante Arrhenius, *L'évolution des Mondes*, p. 64, Paris, 1910.

([2]) W. Vernadsky, *La Géochimie*, p. 48, Paris, 1924.

capables de produire de l'oxygène libre dans une atmosphère qui, au début de l'expérience, en serait complètement dépourvue?

Un chimiste anglais, Phipson, en 1907, avait cru démontrer que des plantes d'organisation supérieure, comme la *Vicia sativa* et certaines bactéries, peuvent vivre et se développer dans une atmosphère privée d'oxygène, mais contenant de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Ces plantes avaient pu résister à l'asphyxie en produisant de l'oxygène libre aux dépens de l'acide carbonique. Comme ces expériences furent très vivement critiquées par les physiologistes affirmant que, pour amorcer les phénomènes de l'assimilation chlorophylienne, les plantes essayées avaient auparavant de l'oxygène libre dans les méats intercellulaires, je les ai refaites d'une autre façon en évitant cette grave cause d'erreur.

C'est ainsi que nous avons démontré que des Mousses complètement privées d'air, aussi bien dans leurs tissus, dans leurs cellules que dans le milieu nutritif où nous avions réalisé le vide, ont réussi à vivre et à s'accroître pendant six mois, à partir de la tension de la vapeur d'eau, dans une atmosphère respirable nouvelle qu'elles avaient créée ([3]).

Mais le groupe des Mousses est trop peu important dans la végétation du globe, et la date de son apparition dans l'évolution végétale est encore trop récente pour en tirer des conclusions générales. Il est donc intéressant de constater, par la même méthode, si les Algues bleues et les Algues vertes, les plus primitives, qui sont répandues depuis si longtemps sur toute la surface des continents et des mers, n'auraient pas la même faculté.

Le 17 septembre 1936, nous avons donc ensemencé des Oscillaires, des Chlamydomonas, des Euglènes sur des solutions minéralisées aseptiques 15^{cm^3} ([4]) dans des tubes de verre stérilisés, puis nous avions fait le vide dans chaque tube jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement de gaz de la part du liquide et des Algues, et que le vide, mesuré au manomètre, ne fût plus limité que par la tension de la vapeur d'eau. A ce moment chaque tube, qui était muni d'un étranglement pour faciliter sa fermeture, fut scellé à la flamme et placé dans un porte-tube sur une étagère éclairée par la lumière diffuse d'une fenêtre. Tous les ans, nous regardions au microscope, sans ouvrir les tubes, si les organismes restaient vivants et s'étaient multipliés. Les Chlamydomonas, probablement insuffisamment éclairés, résistèrent deux ans à l'asphyxie et moururent, mais il n'en fut pas de même pour les Oscillaires et les Euglènes, qui sont encore vivantes. Ces êtres avaient réussi pendant huit ans à former une atmosphère respirable. Les Oscillaires avaient particulièrement prospéré. Elles avaient

---

([3]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 739.

([4]) Composition du milieu : H^2O, 1000^{cm^3}; $Ca(NO^3)^2$, $0^g,50$; KNO^3, $0^g,50$; $MgSO^4$; $0^g,25$; K^2PO^4H, $0^g,25$; KCl $0^g,05$; NaCl, $0^g,05$; peptone, $0^g,1$; $C^4H^5O^6AzH^4$, $0^g,1$, $2C^6H^{12}O^6$, $1^g,0$; $FeSO^4$, $0^g,01$.

augmenté d'une centaine de fois la surface de leur voile verdâtre. Ayant cassé, sous le mercure, les pointes scellées des tubes, nous constatâmes que les Oscillaires avaient produit $0^{cm^3},50$ de gaz et les Euglènes $0^{cm^3},25$. Le mélange gazeux analysé donna pour les Euglènes 8 % d'oxygène libre et 92 % d'azote, et pour les Oscillaires 46 % d'oxygène et 54 % d'azote. Les analyses étant faites dans l'après-midi, nous n'avons pas trouvé de traces appréciables d'acide carbonique.

Ce nouvel exemple d'Algues bleues et d'Algues vertes se créant ainsi, aux dépens de leur milieu nutritif et des phénomènes de leur respiration et de leur photosynthèse, une nouvelle atmosphère respirable à partir du vide et de la tension de la vapeur d'eau, vient appuyer celui des Mousses.

Comme ces organismes primitifs, d'après ces expériences, ont la faculté de passer de la vie anaérobie la plus stricte à la vie aérobie, il est bien vraisemblable que ce sont eux qui, dans les mers anciennes de l'archéen et avec l'atmosphère déjà chargée d'acide carbonique, nous ont apporté l'oxygène libre. C'est ce qui a permis aux autres plantes et aux animaux de faire leur apparition sur la Terre.

ZOOLOGIE. — *Sur la viviparité et la parthénogenèse probable d'un Amphibien anoure nouveau d'Afrique Occidentale* (Nectophrynoides occidentalis *Angel*). Note ([1]) de MM. **Fernand Angel** et **Maxime Lamotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons rapporté d'une récente mission zoologique en Haute-Guinée (janvier-juillet 1942) une intéressante espèce nouvelle d'Amphibien anoure appartenant au genre *Nectophrynoides* (famille des Bufonidés), *Nectophrynoides occidentalis* Angel.

Le genre *Nectophrynoides* n'était encore connu que dans quelques montagnes d'Afrique Orientale (Monts Uluguru, Usambara); deux espèces, *N. vivipara* et *N. tornieri*, avaient été décrites. La forme nouvelle, *N. occidentalis*, localisée sur les sommets couverts de prairies d'un massif montagneux d'Afrique Occidentale, le massif du Nimba, manifeste des affinités avec les formes montagnardes des divers massifs africains tropicaux de l'Ouest et de l'Est.

Le *N. occidentalis* vit dans des conditions d'habitat très particulières pour un Batracien, puisque l'eau manque dans la prairie du Nimba, où ne se trouve ni mare ni ruisseau. Il peut néanmoins subsister dans ce milieu, où il pullule à la saison humide, grâce à son mode de développement vivipare.

Viviparité. — La plupart des individus recueillis renferment en effet des embryons dans leurs utérus prodigieusement gonflés, qui envahissent une partie importante de l'abdomen en refoulant les autres organes.

Les embryons sont au nombre de 4 à 17 par animal, soit 1 à 10 par utérus;

([1]) Séance du 9 octobre 1944.

le plus fréquemment on en trouve entre 5 et 10. Entassés les uns contre les autres, ils baignent dans le liquide intra-utérin, sans présenter avec l'organisme maternel aucun rapport qui puisse rappeler une placentation. L'utérus est seulement pourvu d'une riche irrigation.

Sur une série d'animaux capturés en juin, nous avons pu trouver tous les stades du développement, depuis les œufs, de petite taille ($0^{mm},2$) et pratiquement sans vitellus, jusqu'aux petits crapauds anoures, longs de 8^{mm}, semblables à leur mère. Il s'agit donc bien là d'une véritable viviparité et non de simple ovoviviparité. Les jeunes ne naissent qu'une fois les métamorphoses complètement achevées; on comprend que, dans ces conditions, les caractères du développement soient fort modifiés par rapport à ceux de Têtards à vie libre.

Caractères du développement. — Le trait commun qui caractérise le développement de tous les organes est une accélération embryogénique intense, se manifestant à la fois dans la morphologie externe et dans l'anatomie interne. C'est ainsi que les bourgeons des pattes se forment à un stade très précoce, et qu'ils sont déjà bien développés lorsque l'embryon n'a pas encore 2^{mm}. La pigmentation apparaît également très tôt, formant des taches et dessins caractéristiques.

Dès le jeune âge, le tube digestif a la disposition caractéristique de l'adulte; à aucun stade n'existe un intestin en spirale. Les poumons eux-mêmes se forment précocement, bien qu'ils ne jouent aucun rôle avant la naissance, par suite du milieu liquide où vit l'embryon.

Cette accélération se manifeste au maximum par l'absence totale de branchies; la respiration branchiale, tant par des branchies externes que par des branchies internes, a totalement disparu, et les fentes branchiales mêmes sont presque inexistantes et disparaissent très précocement, comme chez un embryon de Mammifère.

La respiration est cutanée et s'effectue essentiellement par la queue; aussi, bien que les muscles n'en soient pas fonctionnels, celle-ci est-elle relativement bien développée aux divers stades, ne régressant que juste avant la naissance. La peau de la queue est très mince et dépigmentée, et de très nombreux et importants vaisseaux sanguins en irriguent la surface, caractères qui rappellent tout à fait le cas des embryons de *Rhinoderma*.

Enfin les organes génitaux participent également à cette différenciation précoce et permettent, dès les premiers stades, d'étudier le sexe des embryons; c'est cette étude qui nous a conduits à une hypothèse sur le mode de reproduction, encore inconnu, du *Nectophrynoides occidentalis*.

L'hypothèse de la parthénogenèse. — Déjà en effet l'absence de mâles parmi les 30 individus recueillis, absolument identiques aux centaines d'autres que nous avions observés sur le terrain, était un fait curieux. Mais l'absence de mâles parmi les 40 embryons étudiés l'est bien plus encore, car à cette période, on ne peut, pour expliquer l'absence de mâles, invoquer la possibilité d'un

habitat différent des deux sexes. Dans ces conditions, la probabilité d'existence de mâles se trouve extrêmement restreinte, et même pratiquement nulle, alors qu'ils sont connus et communs chez les deux autres espèces du genre *Nectophrynoides*.

On se voit porté à penser que le mode de reproduction normal du *N. occidentalis* est vraisemblablement la parthénogenèse, si extraordinaire que le fait puisse paraître pour un Vertébré. Seul l'élevage de l'espèce permettra de trancher définitivement la question, mais il nous a semblé nécessaire de formuler cette hypothèse de reproduction parthénogénétique, parce qu'elle est seule en harmonie avec les faits observés jusqu'à présent.

Le *Nectophrynoides occidentalis*, dont la biologie et le développement font déjà une espèce exceptionnelle parmi les Batraciens anoures, serait alors un cas unique dans la série des Vertébrés.

Remarque à propos de la Note précédente,
par M. **Maurice Caullery.**

Je crois utile de souligner tout l'intérêt de la Note de MM. Angel et Lamotte. L'hypothèse d'un développement parthénogénétique normal des œufs, chez les femelles de *Nectophrynoides occidentalis*, est évidemment suggérée par l'ensemble de leurs observations et particulièrement par celles relatives à la nature des gonades des 40 embryons étudiés. Toutefois une reproduction par parthénogénèse régulière et normale est si inattendue et si surprenante dans le cas d'un Vertébré qu'il faut garder à cet égard, comme ils le font, du reste, une réserve prudente, jusqu'au moment où des élevages méthodiques auraient prouvé la fécondité de femelles en dehors de tout accouplement avec un mâle, dont l'existence, pour apparaître très douteuse, n'est cependant pas absolument exclue. Les auteurs indiquent d'ailleurs que, chez *N. vivipara*, où la viviparité est tout à fait analogue à celle de *N. occidentalis*, les mâles existent et sont communs. Cette espèce permet d'autre part de noter que la fécondation, toujours externe chez les Batraciens anoures, y a lieu dans les oviductes; la viviparité, par elle-même, ne saurait donc être un argument en faveur de la parthénogenèse, comme on pourrait être tenté de le supposer.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur EUGÈNE FABRY,
par M. **ÉMILE BOREL.**

EUGÈNE FABRY, né à Marseille le 16 octobre 1856, fit ses études secondaires au Lycée de Marseille et entra, avant 18 ans, à l'École polytechnique en 1874. Il en sortit comme élève ingénieur des Manufactures de l'État et, après deux ans d'école d'application, fut envoyé comme ingénieur dans une manufacture de tabac, d'abord à Châteauroux, puis à Marseille. La fabrication du tabac, la besogne administrative, la direction d'un nombreux personnel ouvrier ne l'intéressaient aucunement. Il avait été un brillant élève en mathématiques, et n'avait pas cessé de s'intéresser à la Science; très rapidement, l'idée lui vint qu'il vaudrait mieux pour lui changer de carrière, et s'orienter vers l'enseignement et la recherche scientifique. En 1882 il fut reçu au concours de l'agrégation de mathématiques, auquel il s'était préparé seul; il abandonna la fabrication du tabac, et devint professeur de Lycée, successivement à Tarbes, à Carcassonne et à Tours. En 1885 il obtint le grade de Docteur ès sciences mathématiques; la même année il fut nommé Maître de Conférences à la Faculté de Rennes, puis à celle de Nancy. En 1886 il fut nommé chargé de cours et bientôt après, professeur de mécanique rationnelle à la Faculté des Sciences de Montpellier. Un peu plus tard, il échangea cette chaire contre celle d'analyse à la même Faculté, où il enseigna pendant 34 ans, de 1886 à 1920. C'est là qu'il fit les plus importants de ses travaux mathématiques. En 1920, la chaire d'analyse de la Faculté des Sciences de Marseille étant devenue vacante, les liens de famille qui l'attiraient dans cette ville le conduisirent à demander son transfert de Montpellier à Marseille. Il fut mis à la retraite en 1926; il continua à habiter à Mazargues-Marseille et à s'intéresser aux mathématiques. En 1931 il fut élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Géométrie.

Il est mort à Mazargues (Bouches-du-Rhône) le 6 octobre 1944, à l'âge de 88 ans, après une vieillesse sans infirmités et sans souffrances.

Le premier travail d'Eugène Fabry fut sa Thèse de Doctorat, *Les intégrales des équations différentielles linéaires à coefficients rationnels*. Il sut apporter à ce sujet difficile une contribution personnelle importante, en introduisant des séries plus générales que les intégrales régulières de Fuchs et les séries normales de Thomæ. Ces séries de Fabry, auxquelles Poincaré donna le nom de *séries anormales*, sont souvent divergentes, comme d'ailleurs les séries normales; mais, malgré cela, comme l'ont montré Eugène Fabry et Poincaré, elles peuvent être utilisées pour l'étude des intégrales irrégulières.

Eugène Fabry consacra ensuite ses recherches à un problème important et difficile, déjà abordé avant lui par de nombreux mathématiciens, notamment par notre éminent Confrère Jacques Hadamard. Il s'agit de chercher et d'étudier les points singuliers situés sur le cercle de convergence d'un développement de Taylor, qui définit une fonction analytique à l'intérieur du cercle. L'idée originale de Fabry fut de substituer à l'étude de la suite complète des coefficients de la série de Taylor, celle de suites partielles de coefficients extraites de cette suite complète. Dans des cas très généraux, on peut ainsi obtenir certains points singuliers et en étudier les propriétés.

Un cas particulier fort intéressant est celui où la fonction analytique que l'on étudie admet comme points singuliers tous les points d'un arc du cercle de convergence ou même tous les points de ce cercle. Weierstrass avait, le premier, donné des exemples, devenus classiques, de séries admettant ainsi le cercle de convergence comme coupure, c'est-à-dire définissant des fonctions analytiques ne pouvant être prolongées à l'extérieur de ce cercle. Ces séries de Weierstrass présentent cette particularité remarquable que les coefficients d'un très grand nombre des puissances de la variable z sont égaux à zéro; en d'autres termes, les coefficients non nuls sont très rares par rapport aux coefficients nuls. M. Hadamard et d'autres géomètres ont montré que les résultats de Weierstrass pouvaient être très largement généralisés, la valeur particulière des coefficients non nuls n'ayant pas d'importance, car le seul fait de la rareté suffisante de ces coefficients entraîne la conséquence que le cercle de convergence est une coupure.

Eugène Fabry reprit cette question et réussit à démontrer un théorème dépassant de beaucoup les résultats obtenus par ses prédécesseurs, et qui n'a pas lui-même été dépassé. Ce théorème fort remarquable peut s'énoncer ainsi; soient $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ les exposants des puissances de z dont le coefficient n'est pas nul; pour que la série admette le cercle de convergence comme coupure, il suffit que la différence $c_{n+1} - c_n$ augmente indéfiniment.

L'étude approfondie des séries entières conduisit Fabry à la conclusion suivante, déjà entrevue par d'autres géomètres, mais dont l'énoncé est assez vague pour qu'il soit nécessaire de le préciser : si l'on considère toutes les séries entières ayant un même rayon de convergence R, on doit regarder comme les plus générales celles dont le cercle de convergence est une coupure. En d'autres

termes, si l'on part de la série entière pour définir la fonction d'une variable complexe, le cas le plus général sera celui de la fonction n'existant qu'à l'intérieur de son cercle de convergence. La part prise par Eugène Fabry à l'éclaircissement de cet énoncé, d'autant plus intéressant qu'il apparaît au premier abord comme paradoxal, a été considérable et est sans doute la plus belle de ses découvertes scientifiques.

Nous ne pouvons entrer dans le détail de tous les résultats obtenus par Fabry sur des questions se rattachant aux précédentes : formation de séries n'admettant que des points singuliers déterminés, ou admettant comme coupures certains arcs du cercle de convergence, ou ne présentant aucun point singulier dans certaines régions extérieures à ce cercle, définition précise du degré d'infinitude attaché à un point du cercle de convergence, distinction parfois nécessaire entre le degré d'infinitude maximum sur le cercle et le degré d'infinitude à l'intérieur du cercle, généralisation de théorèmes de M. Lindelöf sur le genre des fonctions entières, étude de la variation simultanée des rayons de convergence associés d'une série de Taylor à deux variables.

Indépendamment de ses travaux d'analyse, Eugène Fabry a résolu le premier une question longtemps laissée sans réponse en faisant connaître des courbes réelles à torsion constante, algébriques et même unicursales.

Signalons enfin un important ouvrage d'enseignement, *Traité de mathématiques générales*, fort apprécié des étudiants, ainsi que des *Problèmes et exercices de mathématiques générales*.

L'œuvre mathématique d'Eugène Fabry se distingue par des qualités exceptionnelles de profondeur et de pénétration dans la découverte; à plusieurs reprises il a élucidé des difficultés qui avaient arrêté beaucoup de mathématiciens fort distingués; son nom restera longtemps attaché à la solution de questions importantes et difficiles.

L'Académie lui avait décerné en 1908 une partie du prix Houllevigue et en 1930 le prix Francœur; dès 1920, la Section de Géométrie l'avait inscrit sur sa liste de présentation pour une place de Correspondant; il fut élu le 19 janvier 1931 Correspondant de l'Académie, où il a retrouvé ses deux frères, Louis Fabry, élu le 3 mars 1919 Correspondant pour la Section d'Astronomie et décédé le 26 janvier 1939 et Charles Fabry, élu le 20 juin 1927 Membre de la Section de Physique générale. Les trois frères ont ainsi pu siéger tous trois parmi nous pendant plus de huit ans. C'est là un fait assurément fort rare et sans doute unique dans les Annales de l'Institut de France et des Académies [1].

---

[1] Ajoutons qu'Eugène Fabry eut la joie de voir son gendre Jean Cabannes, devenir également Correspondant de l'Académie; il fut élu le 20 juin 1932, sur la proposition de la Section de Physique générale et put ainsi siéger près de sept ans à côté des trois frères Fabry.

TOXICOLOGIE. — *L'intoxication par les Champignons : l'hypoglycémie amanitinique*. Note (1) de MM. **Léon Binet**, **René Fabre** et Mlle **Madeleine Marquis**.

L'observation des animaux intoxiqués par l'Amanite phalloïde (*Amanita phalloïdes* Fr.), soit après ingestion du Champignon, soit après injection sous-cutanée d'un extrait aqueux de ce dernier, a montré à l'un de nous, travaillant avec J. Marek, l'existence d'une hypoglycémie accentuée qui a fait ici-même l'objet d'une communication en 1936 (2). Celle-ci nous avait conduit à préconiser, pour combattre l'intoxication fongique, une thérapeutique sucrée qui possède à son actif d'indiscutables succès. C'était revenir à une méthode envisagée en France dès 1821 par Joseph Roques (3), qui avait conseillé de « donner dans ces cas une grande quantité d'eau miellée ou sucrée », méthode qui a retenu l'attention de divers auteurs étrangers (G. Blank, W. Steinbrinck).

Les travaux récents poursuivis par H. Wieland sur les toxines de l'Amanite phalloïde nous ont amenés à reprendre l'étude physiologique de l'*amanitine* sur le taux du glucose sanguin.

Pour extraire l'amanitine de l'Amanite phalloïde, nous avons utilisé la technique de F. Lynen, H. Wieland et R. Haller-Mayer (4), en partant d'une récolte de $3^{kg},250$ de champignons recueillis par H. Hédou.

Les Champignons frais ont été desséchés et le résidu sec a été extrait à l'alcool méthylique. Après élimination du solvant sous pression réduite, le résidu a été repris par l'eau, puis traité par l'acétate basique de plomb. L'excès de plomb a été éliminé par l'acide sulfurique dilué, puis le liquide a été soumis à l'action du sulfate d'ammonium. On a obtenu ainsi un précipité qui a été extrait par l'alcool butylique normal. Par chromatographie sur alumine, élution à l'alcool méthylique et cristallisation dans l'alcool butylique, on a obtenu l'amanitine de point de fusion 245°. Nous avons ainsi pu préparer $0^{g},18$ de ce corps.

H. Wieland et R. Haller-Mayer, expérimentant sur la Souris, admettent que 5^{γ} d'amanitine tuent une souris de 20^{g} en 2 jours. La dose toxique est donc de $0^{mg},25$ par kilogramme d'animal.

Nos essais personnels ont été effectués sur des chiens de petite taille (de 4 à $5^{kg},500$). L'amanitine tue cet animal à une dose qui a varié de $0^{mg},186$ à $0^{mg},194$ par kilogramme. A cette dose la mort a lieu entre la 20e et la 22e heure après l'injection, et l'examen du sang a montré à la 18e heure l'existence d'une hypoglycémie très accentuée : $0^{g},44$ ‰. L'étude histologique du foie de ces

---

(1) Séance 28 septembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1219; *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 13.

(3) *Phytographie médicale*, **1**, 1821, p. 59, Paris.

(4) *Liebig's Annalen*, **548**, 1941, p. 1.

animaux, pratiquée par Jean Verne, n'a pas permis d'y déceler de traces de glycogène.

Nous voudrions insister sur le fait qu'avec des doses plus faibles, de $0^{mg},06$ à $0^{mg},156$ par kilogramme, l'amanitine a été tolérée par l'animal qui a survécu, mais a réagi par une chute nette du glucose sanguin.

Les expériences faites dans ce sens sont résumées dans le tableau suivant :

	Doses d'amanitine injectées par kg d'animal			
	$0^{mg},06$.	$0^{mg},09$.	$0^{mg},119$.	$0^{mg},156$.
Glycémie avant	1,08	0,95	0,84	0,91
» 18 heures après injection	0,88	0,52	0,87	0,87
» 24 » »	0,94	0,58	0,54	0,60
» 42 » »	0,82	0,66	0,79	0,55
» 48 » »	1	0,66	0,84	0,76
» 66 » »	–	0,80	0,84	0,74
» 84 » »	–	0,82	–	–
» 5 jours »	–	–	–	0,79
» 6 » »	–	0,92	0,87	0,80

Un chien dépancréaté, ayant une glycémie de 2,88 °/₀₀, a reçu une dose d'amanitine de $0^{mg},083$ par kilogramme. Sa glycémie est tombée 17 heures après l'injection à 2,44 °/₀₀. Elle est remontée 24 heures après l'injection à $3^{mg},12$ °/₀₀ et le chien est mort peu après. D'autres expériences sont poursuivies actuellement sur l'animal dépancréaté.

Le haut pouvoir hypoglycémiant de l'amanitine nous apparaît bien démontré par ces nouvelles expériences qui soulignent encore davantage le bien-fondé de la thérapeutique sucrée dans l'intoxication humaine par l'amanite phalloïde.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Émile Borel**, **Charles Fabry** pour la Division des Sciences mathématiques; **Marcel Delépine**, **Marc Tiffeneau** pour la division des Sciences physiques; **Maurice de Broglie**, **Gustave Roussy** pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Joseph Bethenod*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Paul Lévy** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 juin 1943 et enregistré sous le n° 11904.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la Note suivante, dont l'Académie ordonne la publication :

Une propriété d'invariance projective dans le mouvement brownien.

L'objet de la présente Note est d'indiquer une propriété d'invariance projective dans le mouvement brownien, qui, malgré le grand nombre des travaux parus sur cette question, ne semble pas avoir encore été signalée.

Désignons par $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ les coordonnées du point mobile M, et considérons la loi de probabilité conditionnelle dont dépendent les valeurs de $X(t)$ dans un intervalle (a, b) lorsque $X(a)$ et $X(b)$ sont connus. Elle est déterminée par la formule

$$(1) \qquad X(t)-\mu(t)=X_1(t)=\sigma(t)\,\xi(t),$$

où $\xi(t)$ est une variable gaussienne réduite, et où

$$(2) \qquad \mu(t)=\frac{(t-a)X(b)+(b-t)X(a)}{b-a}, \qquad \sigma^2(t)=\frac{(t-a)(b-t)}{|b-a|}.$$

Les propriétés stochastiques de $\xi(t)$, considéré comme fonction de t, sont entièrement déterminées par les deux remarques suivantes :

1° Les différentes valeurs de $\xi(t)$ constituent une chaîne simple, c'est-à-dire qu'à tout instant, la valeur actuelle de cette fonction étant supposée connue, le passé et l'avenir sont stochastiquement indépendants; les renseignements que l'on peut avoir sur les événements passés sont donc sans influence sur les probabilités conditionnelles des événements futurs, et réciproquement.

Il en résulte que le processus dont dépend la fonction aléatoire $\xi(t)$ est bien défini si, quels que soient t_0 et t_1 dans l'intervalle (a, b), on connaît la loi à deux variables $\xi(t_0)$ et $\xi(t_1)$.

2° Cette loi est une loi de Gauss à deux variables. Ces variables étant séparément réduites, elle est déterminée par le coefficient de corrélation

$$\rho=\rho(t_0, t_1).$$

Or, en supposant, pour fixer les idées, $a<t_0<t_1<b$, la valeur probable conditionnelle de $X_1(t_1)$ quand $X_1(t_0)$ est connu est

$$\frac{b-t_1}{b-t_0}X_1(t_0),$$

de sorte que l'on a

$$(3) \qquad \mathfrak{M}\{X_1(t_0)X_1(t_1)\}=\frac{b-t_1}{b-t_0}\mathfrak{M}\{X_1^2(t_0)\}=\frac{b-t_1}{b-t_0}\sigma^2(t_0),$$

et, compte tenu des valeurs de $\sigma(t_0)$ et $\sigma(t_1)$ qui résultent de la formule (2),

$$(4) \qquad \rho=\frac{\mathfrak{M}\{X_1(t_0)X_1(t_1)\}}{\sigma(t_0)\sigma(t_1)}=\frac{b-t_1}{b-t_0}\,\frac{\sigma(t_0)}{\sigma(t_1)}=\sqrt{\frac{(t_0-a)(b-t_1)}{(t_1-a)(b-t_0)}}.$$

ρ^2 est donc, au signe près, un des rapports anharmoniques des quatre nombres a, b, t_0, t_1. Par suite :

Théorème. — *Les propriétés stochastiques de la fonction aléatoire réduite* $\xi(t)$, *dans l'intervalle* (a, b), *sont invariantes pour n'importe quelle substitution homographique effectuée à la fois sur* a, b *et* t, *sous la condition que le point à l'infini ne devienne pas intérieur à l'intervalle transformé de* (a, b).

On peut, en particulier, rendre b infini; σ^2 se réduit alors à $t-a$, et, $X(b)/b$ tendant en probabilité vers zéro (on peut même énoncer des résultats plus précis), les formules (1) et (2) se réduisent à la limite à celles relatives au cas où $X(a)$ est seul connu. L'influence de la donnée relative au point b peut, à la limite, être négligée.

On peut aussi appliquer ce théorème au changement de t en $-t$; le passé et l'avenir jouent des rôles symétriques.

Corollaires. — 1° Le théorème précédent peut s'appliquer simultanément à $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$. En désignant par M_0 un point mobile qui coïncide avec M aux instants a et b et se déplace d'un mouvement rectiligne et uniforme pendant l'intervalle de temps (a, b), *les propriétés stochastiques de la fonction aléatoire vectorielle* $M_0M/\sigma(t)$ *sont donc, comme celles de* $\xi(t)$, *invariantes pour les substitutions homographiques effectuées à la fois sur* a, b *et* t.

2° *L'ensemble* E *des racines de* $X_1(t)$ *comprises entre* a *et* b *a aussi toutes ses propriétés stochastiques invariantes pour les substitutions homographiques considérées.* Cela est vrai en particulier si $X(a)=X(b)=0$, c'est-à-dire si E est l'ensemble des racines de $X(t)$ comprises entre les racines supposées connues a et b.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de probabilités en chaîne que pose la génétique.* Note de M. **Gustave Malécot**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons un tableau carré $(T)=\|a_{ji}\|$ et l'équation en s associée

$$\Delta(s)\equiv|a_{ji}-s\,\delta_{ji}|=0,$$

et supposons que tous les éléments de T soient >0 et que la somme des éléments par lignes soit constante.

Le tableau T_1 déduit de T en en divisant tous les éléments par k peut être regardé comme un tableau de probabilités de passage définissant un problème de probabilités en chaîne positivement régulier. L'équation en s associée à T_1 est $\Delta(ks)=0$, et l'on sait (Fréchet, *Recherches modernes sur le calcul des probabilités*, II), qu'elle admet 1 pour racine simple, et que toutes ses autres racines ont un module inférieur à k.

Considérons alors le problème posé par Fisher [1] et S. Wright [2] : Etudier la probabilité $\theta_{rt}^{(n)}$ pour que, dans une population limitée et constante de N individus, un gène mendélien A, figurant à un moment donné dans r *loci* sur $2N$ (donc avec la fréquence $q=r/2N$), figure n générations plus tard dans t *loci* sur $2N$ (donc avec la fréquence $y=t/2N$). Supposons d'abord que le gène A ne confère pas par rapport à son allélomorphe a d'avantage ni de désavantage à son porteur (pas de *sélections*) et qu'il ne puisse se transformer en d'autres gènes ni apparaître à partir d'eux (pas de *mutations*). Supposons enfin qu'il y ait *panmixie*, c'est-à-dire que les gènes A et a qui à chaque génération occupent les $2N$ *loci* puissent être regardés comme tirés au sort dans un nombre infiniment grand de gamètes A et a produites par la génération précédente dans les proportions mêmes où A et a figurent dans ses *loci*. On a alors

$$(1)\qquad \theta_{rt}^{(1)}=C_{2N}^{t}\left(\frac{r}{2N}\right)^{t}\left(1-\frac{r}{2N}\right)^{2N-t}\qquad \text{avec}\quad \theta_{00}^{(1)}=1\qquad\text{et}\qquad \theta_{2N,2N}^{(1)}=1\left(\sum_{t=0}^{t=2N}\theta_{rt}^{(1)}=1\right)$$

et les $\theta_{rt}^{(n)}$ sont des probabilités en chaîne simple et constante.

Le tableau T des probabilités de passage est

$$(T)\quad \begin{Vmatrix} 1 & \theta_{10} & \dots & \theta_{2N-1,0} & 0 \\ 0 & & & & 0 \\ & & T_1 & & \\ 0 & & & & 0 \\ 0 & \theta_{1,2N} & \dots & \theta_{2N-1,2N} & 1 \end{Vmatrix}\qquad T_1 \text{ désignant le tableau }\quad \begin{Vmatrix} \theta_{11} & \dots & \theta_{2N-1,1} \\ \dots & \dots & \dots\dots \\ \theta_{1,2N-1} & \dots & \theta_{2N-1,2N-1} \end{Vmatrix}$$

(nous écrivons pour simplifier θ au lieu de $\theta^{(1)}$).

Si N *est très grand*, l'intégrale eulérienne

$$\int_0^1 C_{2N}^{t}q^{t}(1-q)^{2N-t}\,dq=\frac{1}{2N+1}$$

montre que la somme par lignes des éléments de T_1 est sensiblement constante et égale à $k=2N/(2N+1)$.

Le déterminant $\Delta(s)$ associé au tableau T est donc $(1-s)^2\Delta_1(s)$, $\Delta_1(s)$ admettant k pour racine simple, et toutes les autres racines s_g ayant un module inférieur à k. Par suite [3]

$$(2)\qquad \theta_{rt}^{(n)}=\pi_{rt}+l_t v_r k^n+\sum_g l_{tg}v_{rg}(s_g)^n.$$

Les constantes π_{rt} sont les limites quand n tend vers ∞ des $\theta_{rt}^{(n)}$, et elles doivent

---

(1) *Genetical Theory of Natural Selection*, pp. 85 et suiv.

(2) *Genetics*, **16**, 1931, pp. 97 et suiv.

(3) Fréchet, *Public. Fac. Sc. Univ. Masaryk*, **178**, 1933, pp. 6 et suiv.

vérifier les équations

$$\pi_{rt}=\sum_{s}\pi_{rs}\theta_{st},$$

donc

(3) $$\pi_{rt}=0 \quad \text{si} \quad t\neq 0 \quad \text{et} \quad \neq 2\mathrm{N}.$$

Tout gène finit donc à la longue par être éteint ($t=0$) *ou fixé* ($t=2\mathrm{N}$) (alors que dans une population infinie sa fréquence resterait constante). Les l_t et les v_r sont des constantes qui vérifient les équations

(4) $$kl_t=\sum_{r} l_r\theta_{rt}$$

et

(5) $$kv_r=\sum_{t}\theta_{rt}v_t.$$

Les équations (4) et (5) admettent une solution bien déterminée à un facteur près

$$l_1=l_2=\ldots=l_{2\mathrm{N}-1}=l \quad \text{et} \quad l_0=l_{2\mathrm{N}}=-l\frac{2\mathrm{N}-1}{2};$$

et, en remplaçant (5) par l'équation de Fredholm homogène,

(6) $$v(q)=(2\mathrm{N}+1)\int_0^1\theta(q,y)v(y)\,dy,$$

on a $v(q)=6q(1-q)$ et $l=1/\Sigma_r v_r$, d'où

(7) $$\theta_{rt}^{(n)}\sim\left(\frac{3}{\mathrm{N}}\right)\left(\frac{r}{2\mathrm{N}}\right)\left(1-\frac{r}{2\mathrm{N}}\right)k^n \quad \text{si} \quad t\neq 0 \quad \text{et} \quad \neq 2\mathrm{N}.$$

Ainsi toutes les fréquences $t/(2\mathrm{N})$ *comprises entre* $1/(2\mathrm{N})$ *et* $(2\mathrm{N}-1)/(2\mathrm{N})$ *finissent par avoir la même probabilité infiniment petite* (7). *Cette probabilité est réduite d'une fraction* $1/(2\mathrm{N}+1)$ *à chaque génération.*

Si l'on considère l'ensemble des gènes représentés et non fixés, la répartition de leurs fréquences tend donc à s'uniformiser, et leur nombre diminue à la longue d'une proportion $1/(2\mathrm{N}+1)$ à chaque génération (Fisher et S. Wright se bornent à vérifier qu'une uniformité initiale se maintient, à la réduction près, mais ne démontrent pas l'uniformisation d'une répartition quelconque).

TOPOLOGIE. — *Sur le contingent dans certains espaces métriques.* Note de M. **Paul Germain**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous définirons d'abord les *ensembles unicontingents en* O [1], comme étant les ensembles U admettant O comme point d'accumulation et tels que deux

(1) Cette définition se trouve être identique à celle posée par M. Choquet (*Bull. Soc. Math. France*, 71, 1944, p. 151).

points quelconques M et P de U aient une distance angulaire tendant vers zéro avec les distances OM et OP (on pose $\widehat{MOP} = \widehat{mop}$ angle en o du triangle cartésien *mop* isométrique au triangle MOP). On désigne par $\mathfrak{U}(O)$ la catégorie de tous les ensembles unicontingents en O.

I. Nous supposerons d'abord que les espaces métriques envisagés sont à *écart angulaire régulier autour de* O ([2]), c'est-à-dire qu'il existe un voisinage de O tel que, si M, N, P désignent trois points de ce voisinage distincts de O, les inégalités $\widehat{MON} < \eta$, $\widehat{NOP} < \eta$ entraînent $\widehat{MOP} < \varepsilon$.

Ceci admis, nous pouvons définir dans $\mathfrak{U}(o)$ une relation d'équivalence (R), deux ensembles U_α et U_β étant équivalents si leur réunion appartient à $\mathfrak{U}(O)$. Nous appellerons *ensemble des contingentes de l'espace au point* O l'ensemble $\mathfrak{U}^*_{(o)}$ des classes d'équivalence de U(O) suivant la relation (R), ou quotient de l'ensemble $\mathfrak{U}(O)$ par la relation (R). Le contingent d'un ensemble E quelconque, au point O, aura pour éléments les contingentes de tous les sous-ensembles de E qui sont unicontingents en O. Nous le noterons $E^*(O)$. C'est une fonction croissante de E, c'est-à-dire que si $E_1 \subset E_2$, on a $E^*_1(O) \subset E^*_2(O)$. De plus, le contingent de la réunion de deux ensembles est identique à la réunion des contingents.

II. Plus particulièrement nous envisagerons les espaces *angulairement métriques en* O; ce sont ceux pour lesquels il existe un voisinage de O dans lequel on ait (a) $\widehat{MOP} \leqq \widehat{MON} + \widehat{NOP}$; M, N, P étant trois points quelconques de ce voisinage, distincts de O. On peut alors définir l'angle de deux ensembles unicontingents et, par passage à la limite, celui de deux contingents en O. Cet angle jouit évidemment d'une propriété de convexité analogue à celle exprimée par l'inégalité (a), c'est-à-dire que (b) $(U^*_\alpha, U^*_\beta) \leqq (U^*_\alpha, U^*_\gamma) + (U^*_\gamma, U^*_\beta)$, en désignant par (U^*_α, U^*_β) l'angle de ces deux contingentes.

L'ensemble $\mathfrak{U}^*_{(o)}$ *est alors muni d'une structure d'espace métrique* ([3]).

On peut établir les propriétés suivantes :

L'espace $\mathfrak{U}^*_{(o)}$ est un espace complet.

$E^*(O)$ est un ensemble fermé et l'on a

$$E^*(O) = \overline{E}^*(O).$$

III. Dans les espaces cartésiens, un ensemble E, admettant O comme point d'accumulation, possède en O un contingent non vide. Dans un espace *angulairement métrique* il peut en être autrement. Le théorème suivant élucide cette question.

([2]) Cette dénomination est volontairement analogue à celle employée par M. Fréchet pour certains espaces (*Les espaces abstraits*, p. 219, Paris, 1928).

([3]) Notre définition se présente alors comme cas particulier de celle de M. C. Pauc (*Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 153).

Appelant $I(\varepsilon)$ l'ensemble des points M de l'espace tels qu'il existe une contingente en O vérifiant l'inégalité $(OM, U_\alpha^*) \leqq \varepsilon$, nous dirons que *l'espace est régulier* en O si $I(\varepsilon)$ comprend un voisinage sphérique de O. Ceci dit on peut énoncer :

THÉORÈME ([4]). — *La condition nécessaire et suffisante pour que le contingent d'un ensemble* E *admettant* O *comme point d'accumulation ne soit jamais vide, est que,* 1° *l'espace soit régulier en* O; 2° *l'espace* $\mathfrak{U}_{(O)}^*$ *soit compact.*

IV. La définition du contingent permet dans certains cas d'étudier divers problèmes de structure d'ensembles. Nous en donnerons l'exemple suivant, qui généralise un théorème bien connu de M. Denjoy ([5]).

Soit un espace métrique $(\mathcal{E})$ borné, ou réunion dénombrable d'espaces métriques bornés. Supposons : 1° qu'on y ait défini une mesure telle que la mesure d'une sphère de rayon fini et non nul soit elle-même finie et non nulle; 2° que $(\mathcal{E})$ soit *angulairement métrique* en chacun de ses points; 3° qu'en chaque point M, l'espace soit régulier; 4° que $\mathfrak{U}_{(M)}^*$ soit compact.

Dans un tel espace on peut établir :

THÉORÈME. — *Est dénombrable tout ensemble de* $(\mathcal{E})$, *tel qu'en chacun de ses points le contingent soit compris dans une* (*sphère*)* (*de rayon*)* $\theta \leqq \pi/2$ ([6]).

Ce théorème, contrairement au précédent, ne peut pas s'énoncer avec des définitions trop abstraites du contingent. L'intérêt de la définition que nous avons posée réside dans le fait que la métrique de l'espace est liée d'une façon précise et relativement simple à celle de l'espace donné.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude analytique des produits de composition.* Note de M. **Jean Gilly**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'expression d'une partie finie d'intégrale au moyen d'une intégrale prise sur un lacet autour d'un point de branchement amène à des extensions notables quand le lacet entoure plusieurs singularités. J'envisage ici la généralisation qui en résulte des produits de composition ([1]).

Soit une fonction analytique $f(t)$; nous entourerons par une ligne fermée $\gamma_f(o)$, dite le *contour fondamental* de cette fonction, certaines de ses singularités; les autres seront reliées à l'infini par des coupures. Nous dirons

---

([4]) Le théorème s'applique également avec des définitions du contingent plus générales que celle du texte; par exemple en adoptant celle de M. Pauc (*loc. cit.*).

([5]) A. Denjoy, *Journ. de Math. pures et appliquées*, 7° série, **1**, 1915, p. 105.

([6]) La marche générale de la démonstration suit, avec quelques précautions, celle donnée par M. Durand pour les ensembles cartésiens dans le livre de M. Bouligand (*Introduction à la géométrie infinitésimale directe*, Paris).

([1]) Cf. *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 100 et 382. On s'en tiendra dans la présente Note au cas du cycle fermé; il est d'ailleurs facile d'étendre certains résultats indiqués dans cette Note au cas où les fonctions envisagées n'appartiennent pas au groupe du cycle fermé.

que $f(t)$ est d'ordre indéfini α, si, lorsque t décrit dans le sens direct un chemin entourant une fois $\gamma_f(o)$ et revient à sa position initiale, on a $\overline{f(t)} = e^{2\pi i\alpha} f(t)$, $\overline{f(t)}$ étant la valeur finale. Soit de même une fonction $g(t)$, d'ordre indéfini β et de contour fondamental $\gamma_g(o)$; nous désignerons par $-\gamma_g(a)$ le contour obtenu à partir de $\gamma_g(o)$ après symétrie par rapport à l'origine et translation de a. Par définition le produit de composition sera représenté par l'expression

$$\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t) = \left| \int_{\gamma_f(0)}^{-\gamma_g(t)} f(u)\,g(t-u)\,du = \frac{1}{(e^{2\pi i\alpha}-1)(e^{2\pi i\beta}-1)} \int_C f(u)\,g(t-u)\,du, \right.$$

C étant le *double contour* du produit de composition $\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t)$, représenté figure 1, et analogue au contour de Pochhammer pour l'expression de la fonction eulérienne de première espèce. La définition donnée ci-dessus est équivalente

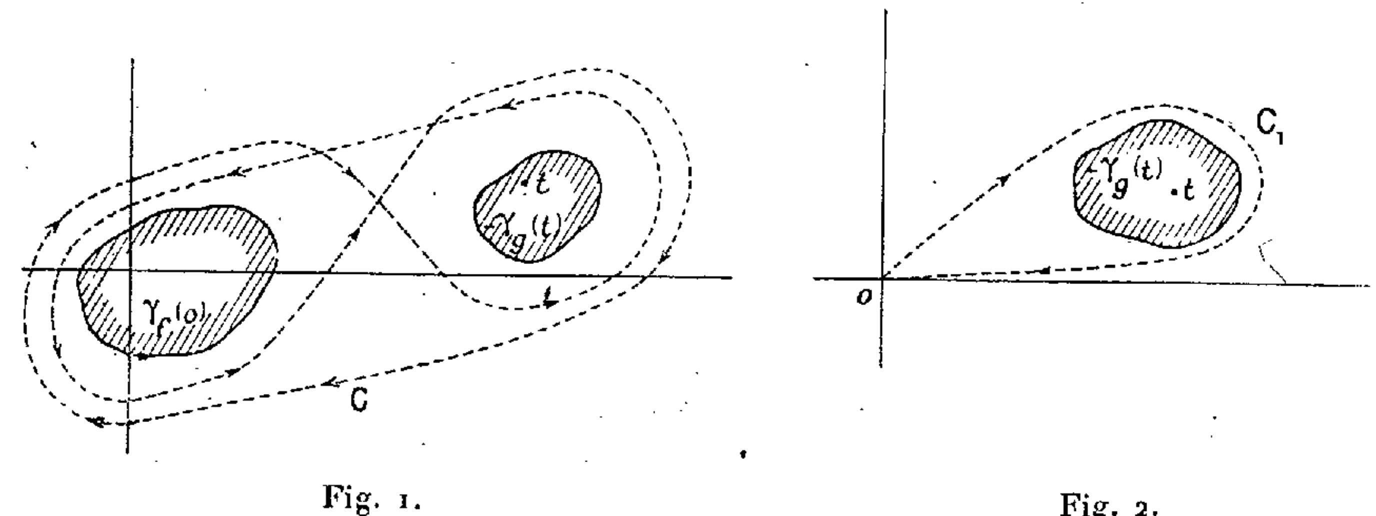


Fig. 1. Fig. 2.

à la définition déjà connue si $\gamma_f(o)$ et $\gamma_g(o)$ se réduisent à l'origine. Si $\gamma_f(o)$ se réduit au point régulier O, on a, C_1 étant représenté figure 2,

$$\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t) = \left| \int_0^{-\gamma_g(t)} f(u)\,g(t-u)\,du = \frac{1}{e^{2\pi i\beta}-1} \int_{C_1} f(u)\,g(t-u)\,du. \right.$$

Cette extension conserve les propriétés classiques du produit de composition : distributivité (sous réserve d'une nouvelle généralisation si l'on envisage des fonctions d'ordres indéfinis différents), commutativité, associativité; bien entendu on peut, sans changer le résultat, déformer le contour fondamental et le double contour, à condition de ne pas traverser de singularités, remarque utile pour traiter des développements en série. Si, par exemple, en tout point de C, on a

$$f(u) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_k \overset{\star}{1}{}^{\alpha-k}(u); \qquad g(t-u) = \sum_{-\infty}^{\infty} d_k \overset{\star}{1}{}^{\beta-k}(t-u),$$

on aura

$$\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t) = \sum_r \sum_s c_r d_s \overset{\star}{1}{}^{\alpha+\beta-r-s}.$$

Le contour fondamental $\Gamma(o)$ de $\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t)$, défini par la condition que le double

contour puisse être tracé, contient $\gamma_f(0)$ et $\gamma_g(0)$; l'ordre de $\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t)$ est $\alpha+\beta$. Lorsque $\alpha+\beta$ est entier, on retrouve la difficulté des ordres singuliers comme dans la théorie usuelle; à l'intérieur de $\Gamma(0)$, $\overset{\star}{f}\overset{\star}{g}(t)$ n'est pas défini. L'emploi du double contour permet, par un passage à la limite, de retrouver l'intégrale de Cauchy

$$\lim_{\alpha \to 0} \overset{\star}{\mathrm{I}}^{\alpha-k} \overset{\star}{f}(t) = \frac{k!}{2\pi i} \oint_{\mathcal{C}} \frac{f(u)\,du}{(u-t)^{k+1}} = \frac{d^k f}{dt^k}.$$

h étant une constante quelconque, $\overset{\star}{e}^{h\overset{\star}{\mathrm{I}}^{-1}} \overset{\star}{f}(t)$ représente $f(t+h)$ avec, comme contour fondamental, $\gamma_f(-h)$, obtenu à partir de $\gamma_f(0)$ par une translation de $-h$.

Soient une fonction $f(t)$, son contour fondamental $\gamma_f(0)$, son associée $\varphi(p)$ et un contour $\Gamma_f(0)$ intérieur à $\gamma_f(0)$, pour lequel $f(t)$ a également un certain ordre indéfini. Nous poserons

$$\overset{\star}{f}_{\Gamma} \overset{\star}{g}(t) = \left| \int_{\Gamma_{f(0)}}^{-\gamma_g(t)} f(u)\, g(t-u)\, du. \right.$$

Cette définition suppose qu'un système de coupures a été tracé dans $\gamma_f(0)$ pour assurer l'unicité de $\overset{\star}{f}_{\Gamma} \overset{\star}{g}(t)$. $\Gamma_f(0)$ peut se réduire à un point, même un point régulier choisi comme origine des intégrations, ou un point singulier essentiel tel que les produits de composition doivent utiliser comme contour d'intégration une direction singulière de cette singularité [ce sera l'exemple du demi-axe réel positif pour le cas de erf$(1/2\sqrt{t})$, signalé dans la première de mes Notes déjà citées].

On montre dans ces conditions que le développement en série de $\overset{\star}{f}_{\Gamma} \overset{\star}{g}(t)$ peut être calculé à partir des règles usuelles de composition comme si $f_{\Gamma}(t)$ avait pour associée $\varphi(p)+\mathrm{E}(p)$, $\mathrm{E}(p)$ étant une série entière en p, telle que la fonction analytique $p^{\lambda}\,\mathrm{E}(p).1$ admette les mêmes points singuliers intérieurs à $\gamma_f(0)$ que $f(t)$.

Il est d'ailleurs aisé de déterminer la série

$$\mathrm{E}(p) = c_1 p + c_2 p^2 + \ldots + c_{\mathrm{N}} p^{\mathrm{N}} + \ldots,$$

en effet on a

$$\overset{\star}{\mathrm{I}}^{\mathrm{N}} [\overset{\star}{f}_{\Gamma} - \overset{\star}{f}(t)] = c_{\mathrm{N}} + c_{\mathrm{N}-1} t + \ldots + c_1 \frac{t^{\mathrm{N}-1}}{(\mathrm{N}-1)!}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension à certaines séries de quelques propriétés des séries entières.* Note de M. **Yves Martin**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons, dans cette Note, d'étendre quelques propriétés des séries entières aux séries de la forme

(1) $$f(z) = \sum_{n=\infty}^{\infty} c_n \varphi(z, n),$$

les $\varphi(z, n)$ étant des fonctions entières satisfaisant à la condition

$$m < \left|\frac{\varphi(z, n)}{z^n}\right| < M \qquad \text{pour } r < |z| < R \quad \text{et } n > N(r, R),$$

quels que soient r et R positifs et finis.

Ces séries convergent absolument et uniformément à l'intérieur du cercle $|z| \leqq \rho' < \rho$, avec $\rho^{-1} = \overline{\lim\limits_{n=\infty}} \sqrt[n]{|c_n|}$ et divergent pour $|z| > \rho$. En effet, si $|c_n z_0^n| < A$, pour $|z| = |z_0|(1-\varepsilon)$ et $n > N\{[|z_0|(1-\varepsilon)/2], 2|z_0|\}$, on a

$$|c_n\varphi(z, n)| < M\left|c_n z_0^n \frac{z^n}{z_0^n}\right| < MA\left|\frac{z}{z_0}\right|^n;$$

donc $\Sigma c_n\varphi(z, n)$ converge absolument et uniformément pour $|z| = |z_0|(1-\varepsilon)$ et, par suite, d'après le théorème de Weierstrass, pour $|z| \leqq |z_0|(1-\varepsilon)$. D'autre part, pour $|z| > \rho$ et $n > N_0$, $|c_n\varphi(z, n)| > m|c_n z^n|$ tend vers l'infini avec n : la série (1) diverge pour $|z| > \rho$.

En posant

$$\varphi(z, n) = \sum_{p=0}^{\infty} \alpha_{p-n}^n z^p = z^n[\alpha_0^n + \eta(z, n)],$$

on montre que les conditions nécessaires et suffisantes vérifiées par les α_q^n sont

$$\overline{\lim_{q=\infty}} \sqrt[q]{|\alpha_q^n|} = 0 \quad \text{pour tout } n,$$
$$|\alpha_q^n| < \varepsilon_n(r).r^{-q} \quad \text{pour} \quad q > 0, \text{ avec } \lim_{n=\infty} \varepsilon_n(r) = 0,$$
$$|\alpha_q^n| < \varepsilon'_n(R).R^{-q} \quad \text{pour} \quad q > 0, \text{ avec } \lim_{n=\infty} \varepsilon'_n(R) = 0,$$

quels que soient r et R positifs finis.

On a alors $\lim \eta(z, n) = 0$ uniformément pour $r < |z| < R$ et

$$m < \underline{\lim_{n=\infty}} |\alpha_0^n| \leqq \overline{\lim_{n=\infty}} |\alpha_0^n| < M.$$

Le théorème d'Abel, ainsi que sa réciproque, due à MM. Hardy et Littlewood, s'étendent aux séries (1); on peut donner une démonstration directe du premier de ces théorèmes en montrant préalablement que

$$\left|\frac{\varphi(z, n)}{\varphi(z_0, n)} - \left(\frac{z}{z_0}\right)^n\right| < \varepsilon_n|z - z_0|\left|\frac{z}{z_0}\right|^n \qquad \text{pour} \quad n > N_0 \quad \text{avec} \quad \lim_{n=\infty} \varepsilon_n = 0,$$

et en appliquant la transformation d'Abel à la série $\Sigma c_n\varphi(z_0, n).[\varphi(z, n)/\varphi(z_0, n)]$.

On peut également utiliser les résultats connus relatifs aux séries entières grâce à la propriété suivante :

Si $|c_n z^n| < A$ et si z tend vers z_0 dans la région R, où

$$0 < \frac{|z - z_0|}{|z_0| - |z|} \leqq H,$$

alors

$$\lim \sum_{n=0}^{\infty} c_n\left[\varphi(z, n) - \frac{z^n}{z_0^n}\varphi(z_0, n)\right] = 0.$$

En effet

$$\left|\sum_{n=0}^{\infty} c_n\left[\varphi(z, n) - \frac{z^n}{z_0^n}\varphi(z_0, n)\right]\right| = \left|\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n[\eta(z, n) - \eta(z_0, n)]\right| \leqq \sum_{n=0}^{\infty} |c_n z^n \varepsilon_n| \, |z - z_0|.$$

Désignant par δ_p le maximum de ε_n pour $n \geqq p$, $\delta_p \to 0$ quand $p \to \infty$, et l'on a

$$\sum_{n=0}^{\infty} |c_n z^n \varepsilon_n| \, |z - z_0| \leqq \sum_{n=0}^{N-1} |c_n z^n \varepsilon_n| \, |z - z_0| + AH\,|z_0|\,\delta_N \leqq \varepsilon$$

pour

$$\delta_N < \frac{\varepsilon}{2AH\,|z_0|} \qquad \text{puis} \qquad |z - z_0| < \frac{\varepsilon}{2AN\,\delta_0}.$$

D'après le théorème d'Abel, si $\Sigma c_n\varphi(z_0, n)$ converge et a pour somme L, $\Sigma c_n(z/z_0)^n\varphi(z_0, n)$ tend vers L quand z tend vers z_0 dans la région R, donc aussi $\Sigma c_n\varphi(z, n)$ puisque $|c_n z_0^n|$ est borné. Réciproquement, si $c_n z_0^n = O(1/n)$ et si $\Sigma c_n\varphi(z_0 t, n)$, $0 < t < 1$, a une limite L quand t tend vers 1, $\Sigma c_n t^n\varphi(z_0, n)$ a la même limite, donc $\Sigma c_n\varphi(z_0, n)$ converge et a pour somme L.

Le théorème de M. Féjer s'étend également aux séries (1) : si $\Sigma n|c_n|^2|z_0|^{2n}$ converge, la série (1) converge en tout point du cercle $|z| = |z_0|$ en lequel la valeur limite radiale de $f(z)$ existe, et converge uniformément sur tout ensemble où cette limite est uniforme.

Ce théorème est une conséquence du théorème relatif aux séries entières si l'on opère comme précédemment; mais il peut être démontré directement en remarquant que

$$|\varphi(z, n) - \varphi(z_0, n)| < (Kn + K')\,|z_0|^n\,|z - z_0|.$$

En effet

$$|\varphi(z, n) - \varphi(z_0, n) - \alpha_0^n(z^n - z_0^n)| = \left|\int_{z_0}^{z}[\zeta^n\eta'(\zeta, n) + n\zeta^{n-1}\eta(\zeta, n)]\,d\zeta\right| \leqq |z - z_0|\,|z_0|^n(n\varepsilon_n + \varepsilon'_n)$$

et $|\alpha_0^n(z^n - z_0^n)| < K''n\,|z - z_0|\,|z_0|^n$ puisque $|\alpha_0^n|$ est borné quand $n \to \infty$.

Enfin, en modifiant légèrement la méthode employée par M. Riesz dans le cas des séries entières, on obtient le résultat suivant :

Si $c_n\rho^n$ tend vers 0, la série $\Sigma c_n\varphi(z, n)$ converge en tout point du cercle de convergence où la fonction est holomorphe et converge uniformément sur tout arc fermé de points où la fonction est régulière.

En résumé, les séries (1) présentent, dans leur comportement à distance finie, les principales propriétés des séries entières.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la théorie des fonctions orthogonales de variable complexe.* Note de M. **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Paul Montel.

Dans son Mémoire *Über orthogonale Polynome die zu einer gegebenen Kurve gehören* (1), M. Szegö définit l'orthogonalité des fonctions de la façon suivante :

(1) *Math. Zeits.*, 9, 1921, p. 218.

C étant une courbe régulière analytique du plan de la variable complexe z, dont ds représente l'élément d'arc, les fonctions $f_m(z)$ forment une suite orthogonale par rapport à ce contour si

$$\int_C f_m(z).\bar{f}_n(\bar{z})\,ds \begin{cases} = 0, & \text{si } m \neq n; \\ \neq 0, & \text{si } m = n. \end{cases}$$

Indépendamment, M. Bochner, dans son Mémoire *Über orthogonale Systeme analytischer Funktionen* [2], donne la définition suivante : D étant un domaine connexe dont $d\omega$ représente l'élément d'aire, les fonctions $f_m(z)$ forment une suite orthogonale par rapport à ce domaine si

$$\iint_D f_m(z).\bar{f}_n(\bar{z})\,d\omega \begin{cases} = 0, & \text{si } m \neq n; \\ \neq 0, & \text{si } m = n. \end{cases}$$

Nous avons cherché une relation entre ces deux définitions et avons trouvé qu'elles sont entièrement indépendantes dans le cas général. Il existe en effet des fonctions orthogonales au sens de Bochner par rapport à un domaine D limité par une courbe C, qui ne sont pas orthogonales au sens de Szegö par rapport à la même courbe C et réciproquement, il existe des fonctions orthogonales au sens de Szegö qui ne le sont pas au sens de Bochner.

L'application d'une transformation conforme amène à envisager une orthogonabilité pondérée linéaire ou superficielle, selon qu'on généralise l'orthogonalité à la Szegö ou à la Bochner. :

$$(1)\qquad \frac{1}{M}\int_C f_m(z).\bar{f}_n(\bar{z})\,\varpi(z)\,ds = \begin{cases} 0, & \text{si } m \neq n; \\ N_n(\text{norme}), & \text{si } m = n; \end{cases}$$

$\varpi(z)$ réel > 0 (poids); M. masse de la courbe C affectée de la densité linéaire $\varpi(z)$.

$$(2)\qquad \frac{1}{\mathfrak{M}}\iint_D f_m(z).\bar{f}_n(\bar{z})\,\Pi(z)\,d\omega = \begin{cases} 0, & \text{si } m \neq n; \\ \mathfrak{N}_n(\text{norme}), & \text{si } m = n; \end{cases}$$

$\Pi(z)$ réel > 0 (poids); $\mathfrak{M}$, masse de la surface D affectée de la densité superficielle $\Pi(z)$.

Nous avons étendu au cas de ces orthogonalités pondérées le théorème fondamental de Szegö, après avoir défini l'écart quadratique moyen pondéré E ou $\mathcal{E}$ de $f(z)$ et de $P_n(z)$ par

$$E = \frac{1}{M}\int_C |f(z) - P_n(z)|^2 \varpi(z)\,ds \qquad \text{avec} \quad M = \int_C \varpi(z)\,ds,$$

ou

$$\mathcal{E} = \frac{1}{\mathfrak{M}}\iint_D |f(z) - P_n(z)|^2 \Pi(z)\,d\omega \qquad \text{avec} \quad \mathfrak{M} = \iint_D \Pi(z)\,d\omega.$$

Nous avons obtenu le résultat suivant :

([2]) *Math. Zeits.*, **14**, 1922, p. 180.

THÉORÈME. — *Étant donné un domaine simplement connexe* D *limité par une courbe rectifiable* C *et une fonction réelle positive quelconque* $\varpi(z)$, *il existe toujours, à un facteur constant près, une suite unique de polynomes orthogonaux de poids* ϖ *par rapport à la courbe* C *et une suite unique de polynomes orthogonaux de poids* ϖ *par rapport au domaine* D [3].

Ces polynomes ont pour expression

$$Q_n(z) = \frac{1}{D_{n-1}} \begin{vmatrix} s_{00} & s_{10} & \dots & s_{n0} \\ s_{01} & s_{11} & \dots & s_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{0n-1} & s_{1n-1} & \dots & s_{n,n-1} \\ 1 & z & \dots & z^n \end{vmatrix} = z^n + \dots,$$

où

$$D_{n-1} = \|s_{ij}\|_0^{n-1}; \qquad s_{ij} = \frac{1}{M}\int_C z^i \bar{z}^j \varpi \, ds \qquad \text{ou} \qquad s_{ij} = \frac{1}{\mathfrak{M}}\iint_D z^i \bar{z}^j \varpi \, d\omega,$$

selon le cas.

La fonction $f(z)$ *étant holomorphe à l'intérieur du contour fermé rectifiable* C *et continue sur le contour, la série associée*

$$c_0 Q_0(z) + c_1 Q_1(z) + \dots + c_n Q_n(z) + \dots,$$

où

$$c_k = \frac{1}{M}\int_C f(z)\,\overline{Q}_k(\bar{z})\,\varpi \, ds \qquad \text{ou} \qquad c_k = \frac{1}{\mathfrak{M}}\iint_D f(z)\,\overline{Q}_k(\bar{z})\,\varpi \, d\omega$$

converge uniformément vers $f(z)$ *dans tout domaine fermé intérieur à* C *pourvu que* $\varpi(z) \geqq K > 0$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Conditions nécessaires et suffisantes pour que deux grandeurs simultanément mesurables soient stochastiquement indépendantes, pour un état donné du système mécanique.* Note [1] de M. **EDMOND ARNOUS**.

La possibilité d'exprimer simplement, en Mécanique ondulatoire, la fonction caractéristique du spectre de deux grandeurs simultanément observables [2] permet d'écrire les conditions nécessaires et suffisantes pour que ces grandeurs soient stochastiquement indépendantes (indépendantes au sens du calcul des probabilités).

Désignons par A et B deux grandeurs simultanément observables. Le

---

[3] Nous avons constaté par la suite qu'une généralisation analogue a été faite par M. Walsh par une méthode et dans des termes différents (*Trans. Amer. Soc.*, **32**, 1930, p. 794).

[1] Séance du 16 août 1944.

[2] Voir *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 357.

résultat d'une mesure de A sera représenté sur un axe par un point d'abscisse a, et l'ensemble des résultats possibles et des probabilités correspondantes par une masse unité, répartie le long de l'axe. $F_A(a)$ désignera la fonction de répartition de cette masse, $f_a(a)$ sa densité de répartition [3] et $K_A(u)$ sa fonction caractéristique. $F_B(b)$, $f_B(b)$ et $K_B(v)$ désigneront les éléments analogues pour B. Le résultat de la mesure *simultanée* de A et de B sera représenté, dans un plan, par un point de coordonnées (a, b), et l'ensemble des résultats possibles et des probabilités correspondantes, par une masse unité répandue sur ce plan. $F(a, b)$ désignera la fonction de répartition de cette masse, $f(a, b)$ sa densité de répartition et $K(u, v)$ sa fonction caractéristique.

On dit que A et B sont stochastiquement indépendantes, si la loi de probabilité de A, liée par B, est identique à sa loi non liée, ou encore, c'est une autre façon de dire la même chose, si le théorème des probabilités composées peut s'écrire

(1) $F(a, b) = F_A(a).F_B(b)$ ou (1') $f(a, b) = f_A(a).f_B(b)$.

L'exemple suivant mettra en évidence que l'indépendance stochastique et l'indépendance des opérateurs A et B [4] sont deux choses très différentes et permettra, dans une certaine mesure, de dégager le sens physique de l'indépendance stochastique. Soit un système de deux corpuscules M_1 et M_2 assujettis à se déplacer sur une droite. Leurs abscisses x_1 et x_2 sont des opérateurs indépendants. Le spectre du couple (x_1, x_2) est défini par sa densité $f(x_1, x_2) = |\Psi(x_1, x_2)|^2$. Il y aura indépendance stochastique, d'après (1'), si la fonction d'onde Ψ est de la forme $\psi(x_1).\psi(x_2)e^{i\varphi[x_1, x_2]}$. C'est ce qui arrive s'il n'y a pas interaction. Mais, si les corpuscules se repoussent, Ψ n'a plus cette forme; la probabilité de trouver M_1 et M_2 dans le voisinage l'un de l'autre diminue; l'indépendance stochastique est détruite. L'indépendance stochastique est donc une ***indépendance dynamique***. Elle dépend essentiellement de Ψ. Comment en dépend-elle? C'est ce que nous allons préciser, en faisant intervenir les fonctions caractéristiques. (1) peut en effet s'écrire (ceci est bien connu)

(2) $$K(u, v) = K_A(u).K_B(v) = K(u, 0).K(0, v).$$

Remplaçons les K par leurs valeurs [2]

(3) $$(e^{-iuA}\Psi, e^{ivB}\Psi) \equiv (e^{-iuA}\Psi, \Psi)(\Psi, e^{ivB}\Psi).$$

Voici un exemple [5], celui de l'oscillateur isotrope. Prenons le potentiel

---

(3) Si toutefois il s'agit d'une répartition à densité.

(4) A et B sont des opérateurs indépendants, s'ils s'expriment à l'aide de variables différentes.

(5) On trouvera un autre exemple dans les *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 358.

$V = (k/2)(x^2 + y^2 + z^2)$ et la fonction d'onde initiale

$$\Psi_0 = \left[\frac{4\pi\nu m}{h}\right]^{\frac{3}{4}} e^{-\frac{1}{2\lambda^2}[(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2]} \qquad \text{où } \lambda^2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{Km}}, \ \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}.$$

Désignons par P_x, P_y, P_z, les composantes de la quantité de mouvement et par M_x, M_y, M_z, celles du moment cinétique. La séparation des variables dans Ψ permet d'affirmer, d'après (3), l'indépendance stochastique de x et P_z, de P_x et P_y, de M_z et Z, de M_z et P_z. Par contre M_z et l'énergie H ne sont pas stochastiquement indépendantes, $K(u, v)$ n'est pas de la forme (2), ainsi que le montre le calcul suivant

$$K(u, v) = \int (e^{-iuM_z}\Psi_0)^*(e^{ivH}\Psi_0)\, dq$$
$$= \iiint \Psi_0^*\left(x\cos\frac{hu}{2\pi} - y\sin\frac{hu}{2\pi},\ x\sin\frac{hu}{2\pi} + y\cos\frac{hu}{2\pi},\ z\right)\Psi\left(t = \frac{hv}{2\pi}\right) dx\, dy\, dz$$
$$= e^{\left(\alpha^2\cos\frac{hu}{2\pi} + \frac{Z_0^2}{2\lambda^2}\right)e^{h\nu iv} + \frac{3}{2}h\nu iv - \beta^2} \qquad \text{où } \alpha^2 = \frac{x_0^2 + y_0^2}{2\lambda^2},\ \beta^2 = \frac{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}{2\lambda^2}.$$

Nous allons maintenant traduire (3) en langage géométrique. (3) est équivalent à l'ensemble des conditions

$$(A^m\Psi, B^n\Psi) = (A^m\Psi, \Psi)(\Psi, B^n\Psi) \qquad (m, n = 1, 2, \ldots).$$

On le voit en développant, dans (3), les exponentielles et en identifiant les deux membres. Posons

$$A^m\Psi = P_{A^m}\Psi + Q_{A^m} \qquad \text{et} \qquad B^n\Psi = P_{B^n}\Psi + Q_{B^n};$$

ceci revient à projeter $A^m\Psi$ et $B^n\Psi$ sur la multiplicité orthogonale à Ψ dans l'espace de Hilbert. La condition (3) s'écrit alors $(Q_{A^m}, Q_{B^n}) = 0$.

D'où les *conditions nécessaires et suffisantes d'indépendance stochastique* :

ou bien Ψ *est fonction propre de* A, $(Q_A = 0)$;

ou bien Ψ *est fonction propre de* B, $(Q_B = 0)$;

ou bien la projection, parallèle à Ψ, *de la multiplicité définie par* $A\Psi$, $A^2\Psi$, ... *est orthogonale à la projection, parallèle à* Ψ *de la multiplicité définie par* $B\Psi$, $B^2\Psi$, ...

GÉODÉSIE. — *Erreur de réfraction dans le cas du nivellement de précision.* Note (¹) de M. **Jean Vignal**, présentée par M. Georges Perrier.

L'erreur de réfraction est une des plus graves parmi celles affectant le nivellement de précision. Elle dépend de la manière dont la température T varie avec l'altitude H, dans la couche atmosphérique basse, haute d'à peine

(¹) Séance du 16 octobre 1944.

2 mètres, où l'on opère. Les théories qui en ont été présentées font intervenir diverses lois de variation de T avec H, toujours définies par *plusieurs coefficients*. Elles aboutissent à des formules *compliquées* en fonction de ces coefficients.

Or l'erreur de réfraction ne dépend en fait que *d'un coefficient physique unique*, le gradient vertical de la température dT/dH dans la couche horizontale infiniment mince traversée par la visée horizontale assez courte, excédant rarement 100 mètres, du nivellement de précision. Et elle peut s'exprimer *très simplement* en fonction de ce coefficient.

Nous nous bornerons à étudier le cas, seul accessible au calcul, où l'air est en équilibre. Alors les surfaces d'égale pression p, d'égale densité ρ, d'égale température T, d'égal indice de réfraction n sont toutes des sphères concentriques à la Terre.

L'erreur de réfraction ε, sur une visée horizontale de longueur l, s'exprime immédiatement en fonction du *rayon de courbure* A de la visée par la formule suivante, abstraction faite de l'erreur de courbure terrestre,

$$\boxed{\varepsilon = \frac{l^2}{2A}.}$$

Il est facile de voir que le rayon de courbure A ne dépend en fait que du gradient dT/dH.

Soit un rayon lumineux, d'inclinaison d'abord regardée comme quelconque, traversant une couche d'air d'indice n, d'épaisseur dH, sur une longueur dl, en faisant l'angle d'incidence i avec la verticale, c'est-à-dire avec le rayon terrestre, du côté inférieur de la couche. Appelons r l'angle du rayon lumineux avec le rayon terrestre, du côté supérieur de la couche, et $d\omega$ l'angle des deux rayons terrestres précédents. On a

$$\frac{1}{A} = \frac{d\omega + i + di - i}{dl} = \frac{di + d\omega}{dl} = \cos i \frac{di + d\omega}{dH}.$$

Or, d'après la loi de la réfraction de Descartes,

$$(n + dn)\sin(i + di) = n \sin r = n \sin(i - d\omega).$$

On déduit de là l'expression suivante du rayon de courbure A, en supposant la visée horizontale ($i = \pi/2$), et en remarquant que l'indice n est très voisin de l'unité,

$$\frac{1}{A} = -\frac{dn}{dH}.$$

On a, d'autre part, K et K′ étant deux constantes, et g étant l'accélération de la pesanteur,

$$n - 1 = K\rho, \qquad \rho = K'\frac{p}{T}, \qquad \frac{dp}{dH} = -\rho g.$$

On en tire sans peine la relation

$$\boxed{\frac{1}{A}=\frac{1}{A_0}\left[1+\frac{1}{\theta}\frac{dT}{dH}\right]} \quad \text{avec} \quad \boxed{A_0=\frac{p}{(n-1)\rho g}} \quad \text{et} \quad \boxed{\theta=\frac{\rho g T}{p}}.$$

Donnons à p, ρ, T, g leurs valeurs normales, dont les valeurs réelles ne s'écartent jamais énormément. Cette relation s'écrit

$$\boxed{\frac{1}{A}=\frac{1}{27000\,\text{km}}\left[1+\frac{1}{3,5}\frac{dT}{dH}\ \text{degrés par 100 mètres}\right]}.$$

Les valeurs du gradient dT/dH mesurées au voisinage du sol par différents expérimentateurs sont fort variables. Voici quelques valeurs caractéristiques :

1° $dT/dH=-\theta=-3,5$ degrés par 100 mètres. Alors la courbure $1/A$ de la visée est nulle, ainsi que l'erreur de réfraction ε. Le gradient dT/dH ne peut être inférieur à cette valeur négative; sinon on aurait $d\rho/dH<0$; l'air cesserait d'être en équilibre; les couches basses, chauffées par le sol, seraient plus légères que les couches élevées; il se produirait le phénomène des *ondulations*.

2° $dT/dH=-[1-(1/\gamma)]\theta$, γ étant le rapport des chaleurs spécifiques de l'air à pression constante et à volume constant, égal à 1,41; soit $dT/dH=-1$ degré par 100 mètres. Alors $A=\gamma A_0=38000$ km; à 100 mètres, l'erreur de réfraction est $\varepsilon=0^{mm},1$.

3° $dT/dH=\theta[(A_0/R)-1]$, R étant le rayon de la Terre; soit $dT/dH=11$ degrés par 100 mètres. Alors $A=R$, l'erreur de réfraction ε compense exactement l'erreur de courbure terrestre; à 100 mètres, elle est environ $\varepsilon=0^{mm},8$.

Le gradient dT/dH peut s'élever, au voisinage du sol, à 50 degrés par 100 mètres et au delà. Alors le rayon de courbure de la visée A s'abaisse à 3000 ou 2000 km, et l'erreur de réfraction à 100 mètres peut dépasser 2 ou 3 mm.

MAGNÉTISME. — *Le polymorphisme particulier du composé* MnAs *aux températures de disparition et de réapparition de l'aimantation spontanée.* Note de MM. **Charles Guillaud** et **Jean Wyart**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le composé défini MnAs est ferromagnétique; l'aimantation spontanée disparaît à 45°C. au chauffage, et ne réapparaît qu'à 34°C. seulement au refroidissement. Cette irréversibilité laisse supposer, non un vrai point de Curie, mais un point de transformation. C'est pour préciser la nature de cette transformation que nous avons entrepris entre autres l'étude à différentes températures du réseau cristallin à l'aide des rayons X, et l'étude dilatométrique de la substance.

Celle-ci a été préparée, sous pression d'argon, à partir de manganèse distillé (99,98 %) et d'arsenic sublimé dans le vide (99,87 %).

La substance, réduite en poudre, est enfermée dans un tube de 1^{mm} de diamètre en verre de Lindeman, disposé suivant l'axe vertical du spectrographe à rayons X. Le tube est chauffé par un courant d'air qui traverse un four électrique placé au-dessus de l'échantillon. Un couple thermoélectrique repère la température. Les diagrammes ont été réalisés à l'aide du rayonnement monochromatique $K\alpha$ du fer.

A 20° le diagramme révèle une symétrie hexagonale, comme l'a établi Oftedal ([1]) et non orthorhombique, ainsi que l'affirme K. E. Fylking ([2]). La maille élémentaire a pour paramètres $a = 3,710$ Å, $c = 5,691$ Å (précision 1/500).

Tant que la température n'atteint pas 45°C., les diagrammes demeurent sensiblement les mêmes. A 45°C. un changement dans la position des raies correspondant aux faibles intervalles réticulaires indique une transformation polymorphe discontinue, très particulière, car elle se traduit par un déplacement brusque et très petit des atomes, sans que les caractères essentiels de leur arrangement, en particulier leur groupe de symétrie, soient modifiés.

Cette transformation est une contraction perpendiculaire à l'axe sénaire, tandis que la période suivant cet axe sénaire demeure inchangée.

Les paramètres, à 45°C., deviennent

$$a = 3,659 \text{ Å}; \qquad c = 5,691 \text{ Å}.$$

Ainsi, quand la température croît, le rapport c/a passe brusquement de 1,534 à 1,555 à la température de 45°C. En continuant à chauffer au-dessus de cette température, le réseau se dilate.

Il était bon de contrôler ces résultats par la dilatométrie de la substance. Celle-ci, se présentant en masse non compacte, ne se prête pas aux études dilatométriques utilisant le déplacement d'une tige s'appuyant sur l'échantillon; il a fallu construire un dilatomètre à liquide permettant d'opérer sur la poudre.

Ce dilatomètre est constitué essentiellement par un réservoir cylindrique de 13^{cm^3} environ, prolongé par un tube capillaire de $0^{mm},110$ de diamètre et de 50^{cm} de longueur. Ce réservoir plonge dans un bain liquide dont l'uniformité de la température est assurée à 1/50 de degré près, même aux plus basses températures atteintes. Le niveau dans le capillaire est repéré par un cathétomètre permettant d'apprécier des déplacements de 1/100 de millimètre.

On manifeste ainsi à 45°C. une contraction brusque du volume dont la valeur est de l'ordre de 2,5 %. Ce nombre est voisin de celui que l'on calcule à partir des constantes cristallines. Au-dessus de 45°C. le corps se dilate. Cet appareil met en évidence l'irréversibilité du phénomène. Au refroidissement c'est à 34°C. que MnAs se dilate d'une façon anormale, en même temps que réapparaît l'aimantation spontanée.

([1]) *Zeits. phys. Chem.*, **128**, 1927, p. 135; **132**, 1927, p. 208.
([2]) *Ark. Kem., Min., Geol.*, **11** *b*, XLVIII, 1934, p. 1.

Quelle interprétation peut-on donner de ce polymorphisme singulier? L'arrangement des atomes est du type NiAs; chaque atome de manganèse a comme voisins les plus immédiats 6 atomes d'arsenic à la distance de 2,571 Å et 2 atomes de manganèse à la distance de 2,845 Å. Quand la température est supérieure à 45°C., les 6 As qui forment autour d'un atome de Mn un octaèdre se sont rapprochés à la distance de 2,547 Å de celui-ci, alors que les 2 Mn sont demeurés à la même distance (2,845 Å). Les électrons périphériques des atomes Mn et As, responsables de la conductibilité électrique comme de la liaison chimique Mn — As, ont une nouvelle répartition et sont plus solidement fixés aux noyaux, puisque la distance Mn — As est plus courte; sans doute remplissent-ils plus complètement la couche $3d$ des atomes de Mn, qui perdent ainsi leur moment magnétique.

RAYONS X. — *Sur la structure de certains caoutchoucs de synthèse : cas du polysulfure d'éthylène (thiogomme).* Note de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Robert Tertian**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'étude aux rayons X des différents caoutchoucs de synthèse a donné lieu à un certain nombre de travaux d'où il résulte que ces produits ont en général un comportement assez différent de celui du caoutchouc naturel; c'est ainsi que les phénomènes de cristallisation provoqués par leur traction sont soit inexistants (Buna S et N), soit beaucoup moins nets que pour le caoutchouc naturel (néoprène, vistanex etc.), ce qui laisse le champ ouvert aux hypothèses sur l'origine de l'élasticité [(L. B. Sebrell et R. P. Binsmore (1)].

On sait que le produit de condensation du dichloréthane avec le polysulfure de sodium donne lieu à un tétrasulfure d'éthylène qui se polymérise en chaîne linéaire $(CH^2—CH^2—S^4)^n$ (J. C. Patrick) (2). Mélangé à des charges appropriées et vulcanisé, il constitue un succédané du caoutchouc, qu'il peut remplacer dans un certain nombre de ses applications (thiogomme ou thiokol).

J. R. Katz (3) et C. S. Fuller (4) ont montré que le thiogomme étiré était susceptible de donner des interférences cristallines; un modèle de cellule élémentaire a été proposé par ces auteurs. Nous avons, pour notre part, examiné le thiogomme pur et industriel, soit au repos, soit à l'état étiré, en utilisant le rayonnement $K\alpha$ du cuivre (λ 1,54 Å). Les résultats obtenus peuvent se résumer comme suit :

a. Thiogomme pur. — Au repos, la structure est amorphe et est caractérisée par un halo correspondant à une distance intermoléculaire moyenne de 10,4 Å. A l'état étiré, et dès que l'allongement atteint 50 %, il apparaît un très beau

(1) *India Rubber World*, **103**, 1941, p. 37.
(2) *Trans. Faraday Soc.*, **32**, 1936, p. 347.
(3) *Trans. Faraday Soc.*, **32**, 1936, p. 77.
(4) *Chem. Rev.*, **26**, 1940, p. 160.

diagramme de fibres, plus net et plus intense que celui présenté par le caoutchouc naturel. Ce diagramme, contrairement au cas du caoutchouc, appparaît pour de très faibles allongements et subsiste encore après cessation de la traction; celle-ci semble provoquer une déformation plastique qui se traduit par une déformation permanente, et la texture orientée reste stable.

L'étude des clichés obtenus avec une caméra cylindrique permet de calculer avec certitude la période d'identité suivant l'axe de fibre; cette période a pour valeur $c = 4{,}27$ Å, en bon accord avec celle de Katz et Fuller (4,32 Å). Elle correspond à la longueur, suivant l'axe de fibre, du groupe fondamental $[-(CH^2)^2-S^4-]$. La maille élémentaire proposée est orthorhombique, avec les dimensions suivantes :

$$a = 8{,}57\text{ Å},\qquad b = 5{,}0\text{ Å},\qquad c = 4{,}27\text{ Å};$$

le volume, égal à 183 Å^3, comporte une molécule par maille. La petitesse de la période d'identité exclut la possibilité de grouper les atomes de C et de S suivant une ligne droite $CH^2-CH^2-S-S-S-S-CH^2-CH^2\ldots$; on est amené à la disposition

```
...-CH²—CH²—S—S—CH²—CH²—S—S—CH²—...
            ||  ||          ||  ||
            S   S           S   S
   |<-----c----->|
```

ou

```
                 S               S
                 ||              ||
...-CH²—CH²—S—S—CH²—CH²—S—S—CH²—...,
            ||              ||
            S               S
   |<-----c----->|
```

conforme à celle proposée par J. C. Patrick ([2]) pour des raisons d'ordre chimique (labilité de deux atomes de soufre).

Les phénomènes de cristallisation provoqués par la traction et présentés par le thiogomme ressemblent donc par bien des points à ceux présentés par le caoutchouc naturel, mais s'en différencient par certains autres, tels que la stabilité de la structure d'orientation due à la grande plasticité du thiogomme. Il est probable que le mécanisme consiste dans le déroulement par la traction et la disposition ordonnée des longues chaînes préalablement repliées et enroulées sur elles-mêmes au repos; cet enroulement est rendu possible par la présence des doubles liaisons entre les atomes de S et constitue un argument de plus en faveur de celles-ci et de l'existence d'atomes de S tétravalents. A notre connaissance, aucun caoutchouc de synthèse ne donne lieu à des phénomènes de cristallisation provoquée aussi nets que ceux-ci, et l'étude du thiogomme est donc intéressante à ce point de vue.

b. Thiogomme industriel. — Ce produit comporte, outre le polymère orga-

nique, diverses charges telles qu'accélérateurs, oxyde de zinc, noir de carbone, destinés à lui donner les propriétés mécaniques recherchées.

Le thiogomme industriel présente une particularité intéressante à l'état non vulcanisé : le laminage résultant de sa fabrication lui impose une structure orientée caractéristique, tout à fait différente de celle obtenue par étirement.

Ces études seront prochainement complétées à l'aide de diagrammes pris en rayonnement rigoureusement monochromatique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse progressive du mésodiphénylazanthracène-α.* Note de M. **André Étienne**, présentée par M. Marcel Delépine.

La synthèse du mésodiphénylazanthracène-α que j'ai décrite antérieurement ([1]) consiste à réduire le diquinol formé par réaction du bromure de phénylmagnésium sur l'azanthraquinone-α. Elle n'est pas sans laisser quelque incertitude sur la constitution du composé. D'une part en effet la phénylation de l'azanthraquinone-α, contrairement à ce qui se passe avec les anthraquinones, s'est révélée comme assez complexe, puisqu'elle aboutit, en plus du quinol, à deux autres corps de nature différente et encore inconnue. D'autre part une étude en cours démontre que le noyau azoté est attaquable par le réactif de Grignard. J'ai donc cherché une méthode de synthèse évitant l'action du magnésien sur un intermédiaire azoté.

Il suffisait, pour y parvenir, de ne créer l'accolement *pyrido* qu'en dernier lieu sur une molécule ayant déjà les deux phényles en place, en appliquant la réaction de Skraup au diphényl-1.4naphtalène.

C^6H^5 / N / C^6H^5 (I) — C^6H^5 / NH^2 / C^6H^5 (II) — C^6H^5 / O / C^6H^5 (III)

C^6H^5 / R / C^6H^5 — R = -CO^2H (IV), -COCl (V), -$CONH^2$ (VI), -$CO^2C^2H^5$ (VII), -$CONHNH^2$ (VIII), -CO-N-N-N (IX), -$NHCO^2C^2H^5$ (X)

La difficulté principale du travail a consisté à préparer l'amine diphénylnaphtalénique (II), qui n'avait pas encore été signalée. La matière première

([1]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 694.

est l'acide diphényl-1.4naphtalènecarboxylique-2 (IV), de Weiss et Abeles ([2]). Une tentative de dégradation d'Hofmann, par l'hypobromite, de l'amide (VI), F 177°, obtenue par le chlorure d'acide (V), F 143°, n'a pas donné de résultats satisfaisants. Il n'en est pas de même en appliquant la méthode de Curtius, qui nous a permis d'aboutir à l'amine avec des rendements voisins de 80 %. On part de l'éther-sel (VII), F 92°, et l'on obtient les corps intermédiaires suivants : hydrazide (VIII), F 179°; azide (IX), F 95-97° (décomposition); l'uréthane (X) existe sous deux formes cristallines : l'une en aiguilles, F 178°, l'autre en prismes, F 207°, la forme en aiguilles se transformant en forme prismatique par chauffage lent; l'hydrolyse de l'uréthane donne l'amine (II), F 148°. La transformation en diphénylazanthracène se fait dans l'acide sulfurique en présence de glycérine et d'acide arsénique; l'addition de dioxane, qui homogénise la masse, élève le rendement à 40-50 %. Le diphényl-azanthracène préparé, F 289°, est bien identique à celui qui a été obtenu à partir du diquinol (p. f. seuls et en mélange identiques, mêmes spectres d'absorption, production de photooxyde).

Cette nouvelle synthèse constituerait une méthode avantageuse de préparation du mésodiphénylazanthracène-α, s'il n'y avait la difficulté de se procurer l'acide initial. Ce corps provient en effet de l'addition diénique d'acroléine au diphénylisobenzofuran (III), matière première assez laborieuse à préparer à partir de l'anhydride phtalique. Certaines modifications sont à l'étude.

L'ensemble des nombreuses transformations qui aboutissent au mésodiphénylazanthracène-α revient à construire la molécule noyau par noyau. Partant d'un corps benzénique, l'anhydride phtalique, on lui accole successivement un noyau benzénique, puis sur le corps naphtalénique ainsi formé, un noyau pyridinique : c'est un incontestable recoupement pour la constitution précédemment admise.

MICROBIOLOGIE. — *Le virus syphilitique ganglionnaire est-il ultrafiltrable ?* Note ([1]) de M. **Constantin Levaditi** et Mme **Hélène Noury**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons étudié ([2]) la manière dont se comporte le *Treponema pallidum* à l'égard de l'ultrafiltration à travers des membranes en collodion à pores mesurables [technique d'Elford ([3])]. Nos conclusions étaient que le virus syphilitique, sous la forme spirochétienne, traversait des membranes à

([2]) *Monatsh. für Chem.*, **61**, 1932, p. 162.

([1]) Séance du 2 octobre 1944.

([2]) C. Levaditi et A. Vaisman, *Presse médicale*, **51**, III, 1943, p. 19.

([3]) *Journ. Pathol. Bactér.*, **34**, 1934, p. 505.

porosités larges, allant de 1140 à 2710$^{m\mu}$ et qu'il était arrêté par des membranes de 560 et de 320 $^{m\mu}$, lesquelles laissent passer la plupart des ultravirus connus.

Il s'agissait, dans ces expériences, du virus syphilomateux, tel qu'il existe dans les chancres syphilitiques du Lapin. Or il nous a semblé intéressant de préciser l'ultrafiltrabilité du virus spécifique que renferment, chez le Lapin, les ganglions lymphatiques satellites du syphilôme (g. poplités). On sait que, contrairement aux chancres, ces ganglions ne contiennent que de très rares tréponèmes et que, fort souvent, ils apparaissent dépourvus de formes spirochétiennes. Cette constatation a d'ailleurs suggéré l'hypothèse que le virus serait présent dans les glandes lymphatiques sous une forme inframicroscopique, différente de la spirallée ([4]). Voici les résultats de nos essais :

Expérience. — Les ganglions poplités de douze lapins, anciennement porteurs de syphilômes scrotaux (souche Gand), sont prélevés et émulsionnés finement dans le liquide de Tyrode (à 1 p. 10); l'émulsion est clarifiée par centrifugation (2000 t. m; 500^{g} à la périphérie du champ centrifuge). Le liquide surnageant est ultrafiltré à travers des membranes de 2690, 1140, 560, 320 et 190$^{m\mu}$. Les ultrafiltrats et l'émulsion témoin sont inoculés à des lapins, à la dose de 1$^{cm^3}$ dans chaque testicule et sous le scrotum, et aussi à des souris (0$^{cm^3}$,5 sous la peau du dos; examen de la présence et de la dispersion des tréponèmes dans les organes de ces souris).

Filtrat à travers des membranes de :	Lapins. — Résultat.	Temps d'incubation.	Souris. Nombre.	Dispers. +.	Dispers. 0.
Témoin (non ultra-filtré)	1. Chancre scrot.	60 jours	3	2	1
	2. » »	40 »	–	–	–
2690$^{m\mu}$	3. 0	–	–	–	–
	4. Chancre scrot.	60 jours	4	–	4
1140$^{m\mu}$	5. 0	–	3	–	3
	6. 0	–	–	–	–
560$^{m\mu}$	7. 0	–	5	–	5
	8. 0	–	–	–	–
320$^{m\mu}$	9. 0	–	4	–	4
190$^{m\mu}$	10. 0	–	–	–	5
	11. 0	–	5	–	–

En outre, des passages de ganglions des lapins inoculés avec les ultrafiltrats des membranes comprises entre 190 et 1140$^{m\mu}$ ont été effectués; ils ont tous fourni des résultats négatifs.

Conclusion. — Le virus syphilitique ganglionnaire traverse la membrane de 2690$^{m\mu}$, mais est arrêté par les membranes dont la porosité varie de 190 à 1140$^{m\mu}$. Il résulte de la comparaison avec nos résultats concernant le virus

([4]) C. Levaditi, Vaisman et Schoen, *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 370; *Ann. Inst. Pasteur*, **50**, 1933, p. 222.

syphilomateux que la taille du virus ganglionnaire est supérieure à celle de ce dernier virus. En réalité cette différence n'est qu'apparente. En effet le degré de la virulence de la suspension du virus syphilomateux est, d'après nos constatations [5], supérieur (10^{-3}) à celui du virus ganglionnaire (10^{-1}) (mesuration par dilutions progressives). Or on sait que l'ultrafiltrabilité est en fonction de l'activité pathogène.

En résumé, il y a lieu de conclure *qu'aucun principe véritablement ultrafiltrable et virulent n'existe dans les extraits de ganglions lymphatiques satellites du chancre*. Le pouvoir chancrigène est arrêté par des membranes qui laissent passer la plupart des ultravirus connus. Ces conclusions sont conformes à celles qui découlent de nos essais concernant l'ultrafiltrabilité du virus siphilomateux.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

---

(5) C. et J.-C. Levaditi, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1943, p. 316.

ERRATA.

(Séance du 10 juillet 1944.)

Note de Mlle *Cécile Delay*, Nouvel essai de classification des différents types de structure nucléaire :

Page 77, ligne 23, *au lieu de* pauvres en chromocentres, *lire* pauvres en chromatine.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Antonin Gosset est né à Fécamp le 20 janvier 1872. Interne des hôpitaux en 1894, il reçut en 1899 la Médaille d'or de l'internat de chirurgie. Prosecteur à la Faculté de Médecine en 1897, agrégé de chirurgie en 1901, il était nommé en 1913 chef du Service de Chirurgie de la Salpêtrière. Professeur de pathologie chirurgicale en 1919, il succéda l'année suivante à Quénu dans la chaire de clinique chirurgicale; il demanda alors que cette chaire fut transférée de Laënnec à la Salpêtrière, où il garda, en cette qualité, la direction du Service de Chirurgie.

Il fit de ce Service un modèle, souvent visité et admiré par des chirurgiens étrangers. Il y créa plusieurs laboratoires permettant des recherches expérimentales liées à l'évolution de la Chirurgie, et dont les résultats peuvent apporter plus de précision dans le diagnostic clinique et plus de perfection dans l'acte opératoire. Tels furent des laboratoires d'anatomie pathologique, de chimie, de bactériologie et d'hématologie, de biologie végétale et de clinique expérimentale.

Il y professa de manière magistrale pendant une trentaine d'années avec un succès croissant, rassemblant de nombreux élèves français et étrangers, dont certains restèrent près de lui, formant une admirable phalange de chercheurs. Il a pris plaisir à réunir dans un beau livre, *Techniques chirurgicales*, la description minutieuse du Service à l'organisation duquel il avait donné tous ses soins et des techniques qu'il y avait établies.

Son œuvre chirurgicale personnelle a contribué largement au progrès de la Chirurgie moderne dans de nombreux domaines, chirurgie viscérale, biliaire, hépatique, gastrique, intestinale, mammaire, ganglionnaire, nerveuse.

Il a élucidé la pathogénie longtemps confuse des calculs biliaires, donné une méthode pour rendre la vésicule biliaire visible aux rayons X et permettre ainsi de définir les lésions de cette vésicule par la radiographie, et créé, pour les

différentes opérations chirurgicales portant sur les voies biliaires, des techniques qui se sont rapidement répandues et ont rendu son nom célèbre dans le monde entier.

On lui doit d'importantes recherches sur des tumeurs et ulcères de l'estomac, dont il a étudié la formation et le traitement, et sur l'occlusion intestinale; il a montré, en collaboration avec notre Confrère Léon Binet et le Dr Petit-Dutaillis, que la mortalité consécutive à l'opération de cette affection est beaucoup diminuée par des injections intraveineuses de chlorure de sodium.

Citons encore, parmi beaucoup d'autres travaux, ceux relatifs à la prostatectomie, opération que Gosset a le premier étudiée et appliquée en France, avec le Dr Robert Proust.

Il convient d'ajouter qu'il a établi de nombreuses techniques opératoires, dont les unes lui appartiennent entièrement, et dont les autres ont été par lui modifiées, simplifiées et amenées à l'état où elles sont appliquées aujourd'hui.

Pendant la guerre 1914-1918, le Pr Gosset a d'abord dirigé le Service de Chirurgie de l'hôpital Buffon, en même temps qu'il assurait à la Salpêtrière un Service spécialisé pour la chirurgie nerveuse de guerre. A partir de juin 1916, il fut, sur sa demande, affecté à des ambulances et à des services chirurgicaux du front. Parmi ses innovations pendant cette période, on peut signaler l'intervention active dans les plaies de l'abdomen et les greffes nerveuses par éléments vivants. Il fut fait Commandeur de la Légion d'honneur à titre militaire, et décoré de la croix de guerre.

Membre de l'Académie de Médecine en 1928, Gosset fut élu le 22 janvier 1934 Membre de l'Académie des Sciences dans la Section de Médecine et Chirurgie.

Cruellement atteint par la maladie il y a quelques années, se déplaçant avec peine, il a continué de s'intéresser ardemment au Service magnifique qu'il avait créé à la Salpêtrière; il venait souvent parmi nous, s'aidant de deux cannes.

Son extrême habileté, l'originalité, la puissance et le succès de sa technique opératoire, son exceptionnelle activité, l'autorité de son caractère et de sa parole lui avaient acquis une immense réputation. Il est un des hommes qui ont le plus fait à notre époque pour le développement et le rayonnement de la Chirurgie française.

Jean-Louis Faure est né le 27 octobre 1863 à Sainte-Foy-la-Grande (Gironde). Interne des hôpitaux en 1887, prosecteur en 1891, chirurgien des hôpitaux en 1895, agrégé de chirurgie en 1898, il fut nommé en 1919 professeur de clinique gynécologique à la Faculté de Médecine. Il avait été élu à l'Académie des Sciences le 11 juin 1934.

On peut diviser l'œuvre chirurgicale de Jean-Louis Faure en deux parties. Pendant une première période, il s'intéresse à la chirurgie générale et porte avec ardeur ses investigations sur des sujets très divers. Il se spécialise ensuite

dans l'un des domaines les plus considérables de la chirurgie, la chirurgie gynécologique, pour lequel il s'était pris d'une passion particulière.

Il s'est longuement appliqué aux grandes entreprises de la chirurgie du cancer, s'attaquant d'abord aux cancers extérieurs et en particulier à ceux de la face et du cou, qui donnent lieu à de graves et difficiles opérations. Dans la suite ses travaux se portèrent sur le traitement opératoire du cancer de l'utérus, traitement qu'il préconisa particulièrement pour les cas où l'affection est prise à ses débuts. Il soutint avec sa fougue habituelle des discussions avec les partisans du traitement par le radium, dont il reconnut d'ailleurs l'intérêt et les succès, défendant les avantages du traitement opératoire dans de nombreux cas.

Il exécuta à plusieurs reprises, dans des cas de cancer de l'œsophage situé derrière la base du cœur, l'extirpation de l'œsophage thoracique, considérée jusque-là comme impraticable, et dont il montra la possibilité après résection des premières côtes droites.

Parmi beaucoup d'autres opérations qu'il étudia, je citerai seulement celles relatives aux hernies, le plissement de l'estomac, remède contre la dilatation exagérée de cet organe, l'anastomose spino-faciale, destinée à guérir la paralysie faciale due à la destruction du nerf facial dans le rocher.

La plupart de ses premiers travaux ont été l'objet de leçons réunies en 1905 en un volume, *Leçons de clinique et de technique chirurgicales*.

Au cours de ces même années, il s'était intéressé de manière de plus en plus active à la technique de la gynécologie opératoire, et en particulier à l'hystérectomie. Il s'attacha au perfectionnement de cette opération et à l'étude des divers procédés à employer suivant les circonstances. Les interventions qu'il exécutait avec une maîtrise incomparable furent très remarquées et suivies non seulement par les élèves, mais par de nombreux chirurgiens français et étrangers. Il rassembla dans un ouvrage, *L'hystérectomie, indications et techniques*, 1906, des règles qui eurent un grand retentissement et dont l'application se répandit partout. En 1911 il publia, avec la collaboration du Dr Siredey pour la partie médicale, un *Traité de gynécologie médico-chirurgicale* dans lequel sont décrites et discutées les techniques des procédés opératoires, et qui eut de nombreuses éditions.

Il étudiait avec soin les détails et les conditions pratiques des opérations, et, à côté des progrès dus à ses travaux originaux, on lui doit des améliorations non négligeables, comme la généralisation de l'emploi des gants de caoutchouc et de l'éclairage par lampes scyalitiques.

Jean-Louis Faure avait des dons d'orateur et un grand talent d'écrivain. En dehors de ses cours, il prit souvent la parole en public, et fut assidu aux Congrès Internationaux, où il répandit par ses communications l'influence et le renom de la chirurgie française. En dehors de ses publications scientifiques, il écrivit de nombreux articles sur des sujets très divers, étudiant avec passion

les problèmes économiques et sociaux du temps présent. Il a réuni ses œuvres non techniques en quatre volumes sous le titre *En marge de la chirurgie*. On y trouve de belles études, telles que celles sur l'Ame du chirurgien, qui fut traduite en plusieurs langues, sur l'art et l'esprit de la chirurgie, des extraits de son livre sur Claude Bernard, des notices sur de nombreux chirurgiens, des articles de polémique, et aussi des vers, choisis, dit-il, parmi beaucoup d'autres composés aux heures enthousiastes de la jeunesse.

Il a beaucoup voyagé, retournant volontiers en des pays où l'avaient conduit des réunions scientifiques, pour les étudier plus à loisir. Il prit part à une des croisières du *Pourquoi-pas?* dans les régions polaires, où je me trouvais moi-même, et en a raconté l'histoire dans un petit livre alerte *Au Groenland avec Charcot*. Nous vécûmes pendant 75 jours dans un étroit carré, avec quelques jeunes savants dont deux devaient peu après trouver la mort avec Charcot dans des parages où nous-mêmes avions essuyé de violentes tempêtes. Dans nos longues conversations, où d'ailleurs je n'étais pas toujours d'accord avec lui, j'ai pu apprécier ses qualités de cœur et d'esprit, et son enthousiasme. C'était une haute personnalité. La maladie, qui le clouait à la chambre, l'avait depuis longtemps éloigné de nous. Il s'est éteint le 26 octobre dans sa propriété de Saint-Émilion, où il s'était retiré depuis quelques années.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, M. **Gabriel Bertrand** est désigné pour faire partie de la Commission des Bibliothèques et Archives de l'Institut, en remplacement de M. *E.-L. Bouvier*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président** communique un télégramme de M. **Vladimir Komarov**, Président de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S., qui remercie l'Académie des félicitations qu'elle lui a adressées.

ARITHMÉTIQUE. — *Un théorème d'arithmétique.*
Note de M. **Roger Apéry**, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème. — 1° *On peut choisir d'une infinité de manières n entiers a_1, a_2, ..., a_n premiers entre eux dans leur ensemble tels que le quotient* S/P, *où* $S = a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_n^2$ *et* $P = a_1 a_2 \ldots a_n$, *soit un entier k;*

2° *k est obligatoirement inférieur ou égal à n.*

1° Soient a_1, a_2, ..., a_n, n nombres satisfaisant au théorème et supposés rangés par ordre de grandeur croissante. Posons

$$b = kP_i - a_i \qquad \text{avec } P_i = \frac{P}{a_i}.$$

Si $i \leq n$, $b > (a_n^2/a_i) \geq a_n$.

Nous allons montrer que les n nombres $a_1, a_2, \ldots, a_{i-1}, a_{i+1}, \ldots, a_n, b$, satisfont au théorème. D'abord ils sont premiers entre eux, car tout diviseur de P_i et b divise a_i. De plus on a

$$\frac{S - a_i^2 + (kP_i - a_i)^2}{P_i(kP_i - a_i)} = \frac{ka_iP_i - a_i^2 + (kP_i - a_i)^2}{P_i(kP_i - a_i)} = k.$$

On voit que, à toute solution du problème posé, on peut en associer de nouvelles qui fournissent la même valeur de k, et où le plus grand des n nombres considérés a augmenté.

En partant par exemple de la solution évidente $a_1 = a_2 = \ldots = a_n = 1$, on obtient une infinité de solutions.

2° Nous allons chercher un moyen d'obtenir toutes les solutions du problème à partir de solutions plus simples. Pour cela appliquons à la solution $a_1, a_2, \ldots, a_n$ la transformation sus-indiquée avec $i = n$.

Si $a_n^2 > a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-1}^2$ $(b < a_n)$, on a un procédé de réduction qui s'arrête lorsqu'on trouve une solution telle que

$$a_n^2 \leqq a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-1}^2.$$

Posons

$$f(x) = \frac{a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-1}^2 + x^2}{a_1 a_2 \ldots a_{n-1} x}, \qquad f'(x) = \frac{x^2 - (a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-1}^2)}{a_1 a_2 \ldots a_{n-1} x};$$

si $x \leqq \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-1}^2}$, la fonction $f(x)$ est décroissante. Comme

$$a_{n-1} \leqq a_n < \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-1}^2},$$

$$k \leqq \frac{a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_{n-2}^2 + 2a_{n-1}^2}{a_1 a_2 \ldots a_{n-2} a_{n-1}^2} \leqq \frac{n a_{n-1}^2}{a_1 a_2 \ldots a_{n-2} a_{n-1}^2}, \qquad k \leqq \frac{n}{a_1 a_2 \ldots a_{n-2}}.$$

L'égalité n'a lieu que pour $a_1 = a_2 = \ldots a_n = 1$.

Dans le cas contraire, $k < n$.

Si $n = 3$, aucun des nombres a_i, qui divise des sommes de deux carrés, n'est multiple de 3 et S est multiple de 3, d'où $k = 3$. Si $n = 4$, une étude facile montre que les a_i sont tous impairs, donc S est multiple de 4, d'où $k = 4$. Par contre, pour n plus grand, on peut avoir $k < n$; ainsi pour $n = 5$, les nombres 1, 1, 1, 1, 2 donnent $k = 4$.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Résolution de l'équation de la diffusion par une méthode symbolique à deux opérateurs*. Note (1) de M. **Jean-Claude George**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une cuve prismatique superposons trois solutions de concentrations voisines $c_1 < c_2 < c_3$. La répartition de la concentration est donnée par

$$\text{(1)} \qquad D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial c}{\partial t},$$

(1) Séance du 31 juillet 1944.

D étant le coefficient de diffusion supposé constant pour les concentrations considérées. L'origine des x est prise à la surface du liquide et le sens positif vers les concentrations croissantes. Les conditions aux limites sont

$$\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)_{x=0} = 0 \tag{2}$$

$$\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)_{x=h} = 0 \tag{3}$$

$$c(x, 0) = c_1 + 2a\mathfrak{U}(x - h_1) + 2b\mathfrak{U}(x - h_2), \tag{4}$$

en posant $2a = c_2 - c_1$, $2b = c_3 - c_2$ et $\mathfrak{U}(x) = (1 \text{ pour } x > 0, 0 \text{ pour } x < 0)$; h_1 et h_2 sont les abscisses des surfaces de séparation des liquides et h la hauteur totale. A la fonction $c(x, t)$ nous faisons correspondre la fonction

$$A(x, p) = p\int_0^\infty e^{-pt}c(x, t)\,dt; \tag{5}$$

(1) devient

$$D\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} - pA = -pc_1 - 2ap\mathfrak{U}(x - h_1) - 2bp\mathfrak{U}(x - h_2). \tag{6}$$

A la fonction $A(x, p)$ nous faisons correspondre la fonction

$$B(q, p) = q\int_0^\infty e^{-qx}A(x, p)\,dx. \tag{7}$$

Nous obtenons, en explicitant $B(q, p)$,

$$B(q,p) = \left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)_{x=0}\frac{q}{q^2 - \frac{p}{D}} + A(op)\frac{q^2}{q^2 - \frac{p}{D}} - \frac{pc_1}{D}\frac{1}{q^2 - \frac{p}{D}} - \frac{2ap}{D}\frac{e^{-qh_1}}{q^2 - \frac{p}{D}} - \frac{2bp}{D}\frac{e^{-qh_2}}{q^2 - \frac{p}{D}}. \tag{8}$$

Revenons à $A(x, p)$ par la transformation inverse de (7). En utilisant (2) et (3) on obtient

$$A(x, p) = \frac{c_1 + c_3}{2} + \sum_{k=1}^{k=2}\frac{c_{k+1} - c_k}{2}\left\{1 - \frac{2\,\mathrm{sh}\sqrt{\frac{p}{D}}h_k\,\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{D}}(x - h)}{\mathrm{sh}\sqrt{\frac{p}{D}}h}\right\}. \tag{9}$$

Pour repasser de $A(x, p)$ à $c(x, t)$ deux méthodes sont utilisables :

1. On développe (9) en sommes d'exponentielles de forme $e^{-\beta\sqrt{p}}$ qui ont pour original $\Psi(\beta/2\sqrt{t})$. $\Psi(x)$ étant l'intégrale d'erreur complémentaire,

$$c(x, t) = \frac{c_1 + c_3}{2} + \sum_{k=1}^{k=2}\frac{c_{k+1} - c_k}{2}\left[1 - \sum_{n=0}^{\infty}\left\{\Psi\left[\frac{(2n+2)h - h_k - x}{2\sqrt{Dt}}\right] - \Psi\left[\frac{(2n+2)h + h_k - x}{2\sqrt{Dt}}\right] + \Psi\left[\frac{2nh - h_k + x}{2\sqrt{Dt}}\right] - \Psi\left[\frac{2nh + h_k + x}{2\sqrt{Dt}}\right]\right\}\right], \tag{10}$$

série qui converge vite pour t petit, donc pratique au début de la diffusion.

2. On applique à (9) le théorème du développement

$$(11)\quad c(x,t)=c_3-\sum_{i=1}^{i=2}(c_{i+1}-c_i)\left\{\frac{h_i}{h}+\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^k\frac{2}{k\pi}\sin k\pi\frac{h_i}{h}\cos k\pi\frac{x}{h}e^{-\frac{k^2\pi^2Dt}{h^2}}\right\},$$

série qui converge vite pour t grand, utilisable après un temps de diffusion.

Cas particuliers. — 1. $h_1=h/3$; $h_2=2h/3$; $c_2=(c_1+c_3)/2$; (11) donne

$$(12)\quad c(x,t)=\frac{c_1+c_3}{2}+\frac{\sqrt{3}}{\pi}(c_3-c_1)\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\frac{1}{3n+1}\cos\frac{(3n+1)\pi x}{h}e^{-\frac{(3n+1)^2\pi^2Dt}{h^2}}.$$

2. $h_1=h_2$; $c_1=c_2$, c'est-à-dire le cas de deux liquides; (10) et (11) donnent

$$(13)\quad c(x,t)=\frac{c_1+c_3}{2}+\frac{c_3-c_1}{2}\left[1-\sum_{n=0}^{\infty}\left\{\Psi\left[\frac{(2n+2)h-h_1-x}{2\sqrt{Dt}}\right]-\Psi\left[\frac{(2n+2)h+h_1-x}{2\sqrt{Dt}}\right]\right.\right.$$
$$\left.\left.+\Psi\left[\frac{2nh-h_1+x}{2\sqrt{Dt}}\right]-\Psi\left[\frac{2nh+h_1+x}{2\sqrt{Dt}}\right]\right\}\right],$$

$$(14)\quad c(x,t)=c_3-(c_3-c_1)\left\{\frac{h_1}{h}+\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^k\frac{2}{k\pi}\sin k\pi\frac{h_1}{h}\cos\frac{k\pi x}{h}e^{-\frac{k^2\pi^2Dt}{h^2}}\right\}.$$

3. $h_1=h_2=h/2$; $c_1=c_2$, cas de deux liquides en quantités égales.

Après le changement de variable $X=x-h/2$, (13) donne

$$(15)\quad c(X,t)=\frac{c_1+c_3}{2}+\frac{c_3-c_1}{2}\left\{1-\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\Psi\left[\frac{nh+X}{2\sqrt{Dt}}\right]-\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\Psi\left[\frac{(n+1)h-X}{2\sqrt{Dt}}\right]\right\}$$

qui pour t petit se réduit à

$$(16)\quad c(X,t)=\frac{c_1+c_3}{2}+\frac{c_3-c_1}{2}\Phi\left(\frac{X}{2\sqrt{Dt}}\right),$$

$\Phi(x)$ étant l'intégrale d'erreur.

L'équation (14) donne

$$(17)\quad c(x,t)=\frac{c_1+c_3}{2}+\frac{2(c_3-c_1)}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\frac{1}{2n+1}\cos\frac{(2n+1)\pi x}{h}e^{-\frac{(2n+1)^2\pi^2Dt}{h^2}}.$$

Le cas particulier n° 1, où interviennent trois volumes égaux de liquide, présente un avantage sur le cas classique (n° 3) : à D et h égaux il faut attendre moins longtemps pour que le deuxième terme de la série trigonométrique soit négligeable devant le premier, ce qui a pour conséquence de permettre une mesure plus rapide du coefficient de diffusion D.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la propagation de la flamme dans une bombe sphérique.* Note [1] de M. **Numa Manson**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours d'expériences sur la combustion des divers mélanges dans une bombe sphérique à allumage central, E. F. Fiok, Ch. Marvin, F. R. Caldwell et C. H. Roeder [2] ont constaté une brusque variation de la vitesse de la flamme lorsque le front de celle-ci a parcouru environ les trois quarts du rayon R de la bombe.

L'analyse des phénomènes qui accompagnent la propagation de la flamme permet de donner à ce fait l'explication suivante :

Étant donné l'accroissement régulier de la pression, on admet que, dans chaque tranche élémentaire atteinte par le front de la flamme, les réactions chimiques s'effectuent sensiblement à pression constante. Le régime de progression de la flamme ne peut donc être modifié que sous l'influence de l'ébranlement mécanique qui parcourt les gaz frais et les gaz brûlés à partir de l'instant où le mélange a été inflammé [3].

Tant que le rayon r de la surface constituant le front de la flamme est inférieur à une certaine valeur r_c, c'est l'ébranlement parcourant les gaz brûlés qui rejoint le premier cette surface et commande le régime de progression de la flamme. Pour $r > r_c$, c'est l'action de l'ébranlement parcourant les gaz frais qui prédomine. La surface de rayon r_c sur laquelle a lieu la rencontre simultanée du front de la flamme avec les ébranlements parcourant les gaz brûlés et les gaz frais est une surface de discontinuité pour la loi de la combustion [4], c'est-à-dire pour la vitesse V de propagation de la flamme. Son rayon r_c peut être calculé approximativement (la vitesse V étant faible vis-à-vis de la célérité moyenne du son a_b dans les gaz brûlés) par l'expression

$$r_c = R\,\frac{a_b}{a_b + a_f},$$

où a_f est la célérité moyenne du son dans les gaz frais. Nous l'avons calculé [5] dans le cas de divers mélanges dont certains ont été étudiés expérimentalement par les auteurs cités plus haut [2]. L'accord entre les valeurs de r_c/R calculées et celles observées (tableau I) est très satisfaisant dans le cas de $CO + 0{,}5\,O^2$; il l'est moins dans le cas de mélanges d'air et de C^6H^6

---

(1) Séance du 2 octobre 1944.

(2) *Nat. Advisory Com. for Aeronautics*, Rep. n° 682, 1940.

(3) É. Jouguet, *Chaleur et Industrie*, n° 225, janvier 1939, p. 23.

(4) É. Jouguet, *Mécanique des explosifs*, Paris, 1917, p. 412.

(5) Nous avons utilisé pour ces calculs les mêmes données que celles qui nous ont servi au calcul des caractéristiques des ondes explosives (*Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 29-31).

et C^8H^{18}, vraisemblablement à cause de l'incertitude des valeurs à adopter pour les rapports des chaleurs spécifiques γ_b et γ_f des gaz brûlés et des gaz frais ainsi que de la température initiale T_0 de ces derniers. Le calcul montre également (tableau II) que r_c/R décroît avec la température initiale T_0 et croît légèrement avec la pression initiale p_0 du mélange.

TABLEAU 1. — $P_0 = 1$ atm.

Mélange.	T_0.	T_f.	T_b.	N_b.	γ_f.	γ_b.	r_c/R calc.	r_c/R obs.
	°	°	°					
$CO + 0,5O^2$	300	400	3270	1,23	1,40	1,25	0,71	0,72
$C^6H^6 + 35,7$ Air	325	475	2680	39,2	1,39	1,25	0,70	0,65
$C^8H^{18} + 59,5$ Air....	325	475	2650	64,8	1,39	1,25	0,68	0,63
$CO + 2,5$ Air.......	288	400	2680	3,10	1,40	1,25	0,70	–
$C^2H^2 + 11,9$ Air.....	288	400	2850	12,5	1,38	1,25	0,71	–
$C^2H^2 + 5$ Air	288	400	2730	7,03	1,36	1,25	0,73	–
$H^2 + 2,5$ Air........	288	400	2680	3,06	1,40	1,25	0,69	–

T_f, Température moyenne (°K) des gaz frais calculée à partir de T_0 en supposant la compression adiabatique.
T_b, Température moyenne (°K) des gaz brûlés.
N_b, Nombre de molécules des gaz brûlés, compte tenu des réactions de dissociation.

TABLEAU 2. — *Mélange* $C^2H^2 + O^2$ ($\gamma_f = 1,30$; $\gamma_b = 1,10$).

T_0	288	288	288	350	500	750
P_0	10	5	1	1	1	1
T_f	425	425	425	500	700	1000
T_b	4680	4530	4200	4170	4150	4140
N_b	3,24	3,26	3,39	3,40	3,41	3,42
r_c/R	0,796	0,794	0,790	0,780	0,750	0,710

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Détermination graphique des écoulements supersoniques de révolution par la méthode des caractéristiques.* Note [1] de M. **Georges Darrieus**, présentée par M. Joseph Pérès.

L. Prandtl et A. Busemann (*Stodola Festschrift*, Zürich, 1929, p. 499) ont montré comment, dans le cas des mouvement plans, pouvaient être déterminés, par une méthode graphique simple, à partir de conditions aux limites quelconques, tous écoulements permanents irrotationnels supersoniques, c'est-à-dire satisfaisant à une équation aux dérivées partielles à caractéristiques réelles.

Dans le cas des systèmes de révolution (tuyères de section circulaire, projectiles etc.) le potentiel des vitesses Φ satisfait à l'équation du 2^d ordre

$$(u^2 - c^2)\Phi''_{xx} + 2uv\Phi''_{xy} + (v^2 - c^2)\Phi''_{yy} - \frac{vc^2}{y} = 0 \tag{1}$$

de la forme

$$H\Phi''_{xx} + 2K\Phi''_{xy} + L\Phi''_{yy} + M = 0,$$

(1) Séance du 9 octobre 1944.

qui traduit la condition de continuité, et dans laquelle c représente la vitesse du son au point considéré, x, y les coordonnées dirigées respectivement suivant l'axe et suivant la normale, $u = \partial\Phi/\partial x$, $v = \partial\Phi/\partial y$ les composantes correspondantes de la vitesse.

Les équations des caractéristiques sont, pour la première famille correspondant à la plus petite λ_1 des deux racines de l'équation $H\lambda^2 - 2K\lambda + L = 0$,

$$(2) \qquad dy = \lambda_1\, dx, \qquad H\, du + H\lambda_2\, dv + M\, dx = 0.$$

Quand M est nul (mouvement plan) l'équation, réduite à $du + \lambda_2\, dv = 0$, exprime simplement que le saut de vitesse du, dv le long de la caractéristique λ_1 est perpendiculaire à la caractéristique de l'autre famille λ_2, de sorte que, dans l'hodographe, le déplacement du vecteur vitesse s'effectue suivant la courbe (épicycloïde dans le cas des gaz parfaits) associée à la caractéristique λ_1 qui passe par le point origine u, v. La présence du terme constant $M\, dx$ dans la deuxième équation, linéaire en du, dv, implique un déplacement hors de l'origine de la droite qu'elle représente.

L'invariance de l'ensemble des trois premiers termes de l'équation (1) à l'égard d'une rotation des axes, qui résulte de ce que l'expression

$$u^2\Phi''_{xx} + 2uv\Phi''_{xy} + v^2\Phi''_{yy}$$

représente le produit scalaire de la vitesse par l'accélération, et de ce que $c^2\Delta^2\Phi$ est également invariant, entraîne l'invariance du terme M à l'égard d'une telle rotation, et permet, en adoptant de nouveaux axes tels que $u = U$, $v = 0$ au point considéré, de conserver à M son expression primitive $-vc^2/r$ où v représente toujours la composante de la vitesse normale à l'axe, et r la distance à l'axe, tout en maintenant la forme des équations (1) et (2).

Avec ces nouveaux axes $H = U^2 - c^2$, $K = 0$, $L = -c^2$, $\lambda_2, \lambda_1 = \pm c/\sqrt{U^2 - c^2}$ (tangente de l'angle de Mach) et la droite (2) en du, dv dont le coefficient angulaire est $-1/\lambda_2$, possède une ordonnée à l'origine

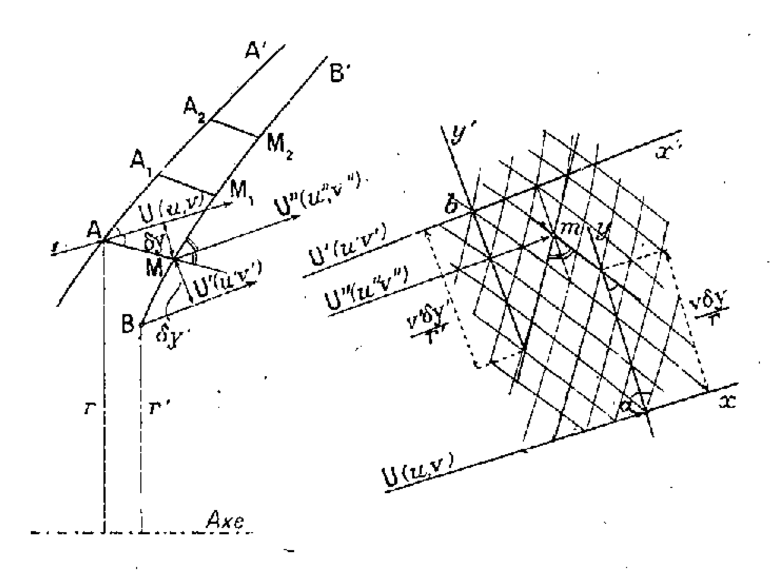
$$dv_0 = -\frac{M\, dx}{H\lambda_2} = -\frac{M\, dy}{H\lambda_2\lambda_1} = -\frac{M\, dy}{L} = -\frac{v\, dy}{r},$$

ce qui permet de construire cette droite dans le champ de l'hodographe.

La même expression, obtenue en permutant λ_1 et λ_2, est valable pour la deuxième famille de caractéristiques λ_2.

Supposons que le champ de l'écoulement ait été déterminé jusqu'à la caractéristique AA′ de coefficient angulaire λ_2 en A, de sorte que la vitesse de composantes u, v est connue à gauche et le long de AA′. S'il s'agit de déterminer la vitesse en un nouveau point M, voisin de la caractéristique et au delà de la région déjà atteinte, sur la caractéristique λ_1 qui passe par A, une première relation entre les accroissements du, dv qu'éprouvent de A en M les composantes de la vitesse, est fournie par la 2ᵉ équation (2); une deuxième relation,

qui achève de déterminer ces inconnues, résulte de la connaissance de la vitesse en un point B sur la 2e caractéristique BB′ de coefficient angulaire λ_2, qui passe



par M, de sorte que cette caractéristique peut être construite par l'application aux couples d'éléments $AM - BM$, $A_1M_1 - MM_1$, $A_2M_2 - M_1M_2$ etc., des relations telles que (2), qui permettent de déterminer de proche en proche, par relevé sur l'hodographe des valeurs successives de la vitesse U et de la célérité du son c qui lui correspond, la pente locale $\lambda_2 = dy/dx$ de la caractéristique, ainsi que la variation corrélative de la vitesse du, dv.

L'approximation, qui peut être en principe rendue aussi grande qu'on le veut par le choix d'intervalles suffisamment petits, est naturellement très améliorée par l'introduction, que suggère de manière évidente l'application pratique, de moyennes estimées le long des arcs de courbes parcourus dans le champ de l'écoulement et dans celui de l'hodographe, pour les diverses variables telles que v, r, dy, direction de la vitesse U etc., qui interviennent dans la construction.

La méthode, qui a été appliquée à diverses formes de corps de révolution (ogives de projectile, carènes sans résistance de rayonnement etc.), s'est montrée susceptible d'une très bonne précision, comme en témoigne l'épreuve qui en a été faite dans le cas particulier de l'ogive conique pour lequel une solution rigoureuse a été obtenue par F. Bourquard, G. I. Taylor et J. W. Mc. Coll.

Le principe en peut d'ailleurs être étendu à la forme plus générale, dite de Monge-Ampère, de l'équation du 2e ordre à caractéristiques réelles.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un mode de solution rhéoélectrique des problèmes de l'hélice propulsive.* Note (1) de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Considérons le potentiel φ des tourbillons libres loin à l'aval dans le sillage d'une hélice; les coordonnées semi-polaires étant ξ, θ, Z (OZ dirigé dans la direction du soufle, et les longueurs rapportées au rayon R de l'hélice), on sait que φ ne dépend que de ξ et du groupement $\zeta = (\theta - Z/\mu)$, où μ est le

(1) Séance du 4 septembre 1944.

pas relatif des tourbillons, voisin du fonctionnement $\lambda = (V/\omega R)$ lorsque la pale est faiblement chargée. Prenons comme rayon vecteur $x = \xi/\mu$: en coordonnées polaires (x, ζ), φ satisfait à l'équation de Goldstein

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{1}{x}\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \left(1 + \frac{1}{x^2}\right)\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \zeta^2} = 0. \tag{1}$$

La surface tourbillonnaire est figurée dans le plan (x, ζ) par p segments rectilignes issus de l'origine, de longueur $1/\mu$, faisant entre eux l'angle $2\pi/p$ si p est le nombre de pales; φ est uniforme dans le plan (x, ζ) coupé suivant cette étoile, et prend les valeurs $\pm \Gamma/2$ de part et d'autre de chaque segment de la coupure, $\Gamma(x)$ étant la circulation autour de la pale à l'abscisse x; il est aisé de voir, soit directement, soit sur les expressions élémentaires de φ (par exemple Kawada, *Reports of the Aeronautical Researchs Institute*, Tokyo, n° 172, 1939) que ce potentiel peut être pris nul sur le prolongement des segments portants d'une part, et sur les bissectrices de ces segments d'autre part, ce qui permet de ramener le champ de détermination de φ à un secteur du plan (x, ζ), d'ouverture π/p, limité pour $\zeta = 0$ par une pale et son prolongement.

2. Effectuons alors le changement de variable

$$r = C_1\, e^{\sqrt{1+x^2}}\, \frac{\sqrt{1+x^2} - 1}{x},$$

et posons $u = C_2\sqrt{1+x^2}$; l'équation (1) devient

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(ur\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right) + \frac{\partial}{\partial \zeta}\left(\frac{u}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial \zeta}\right) = 0$$

(C_1 et C_2 étant deux constantes arbitraires) et peut être assimilée à l'équation de continuité du courant électrique dépendant du potentiel φ dans un plan conducteur d'épaisseur variable proportionnelle à u (Cf. Malavard, *Publications du Ministère de l'Air*, n°s 57 et 153). La recherche de φ peut donc se ramener à celle d'un potentiel électrique dans un bassin de profondeur variable u, ayant la forme d'un secteur d'ouverture π/p, dont les rayons extrêmes sont maintenus au potentiel zéro, sauf sur la partie portante. Un changement linéaire effectué sur ζ permet de ramener, quel que soit p, l'ouverture à être $\pi/2$ ou π, en modifiant convenablement la loi $r(x)$ et la profondeur.

3. Pour la détermination complète de φ, il faut réaliser la condition aux limites imposée sur le segment portant par l'équation du fonctionnement aérodynamique de l'hélice; en supposant pour simplifier $\lambda = \mu$, on peut l'écrire (voir mes Notes précédentes)

$$\Gamma(\xi) = kt\sqrt{\lambda^2 + \xi^2}\left[\alpha(\xi) - \frac{1}{2\xi}\frac{\partial \varphi}{\partial Z}\right],$$

ou dans le plan (r, ζ)

$$2\varphi(r) = \Gamma(r) = kt\lambda\sqrt{1 + x^2}\left[\alpha(r) + \frac{1}{2\lambda^2}\frac{r}{x}\frac{d\varphi}{dn}\right].$$

Comme dans le cas de l'aile, la prolongation du champ de détermination de φ à partir de chaque abscisse du segment portant par des résistances $\rho(r)$ et un système de potentiels $\varphi(r)$ ne dépendant que des conditions géométriques et cinématiques de l'hélice permet d'identifier cette relation avec la loi d'Ohm $\varphi - \varphi = \rho^{i}$ si

$$\overline{\varphi}(r) = \frac{kt\lambda\sqrt{1+x^2}\,\alpha(r)}{2}, \qquad \rho(r) = \frac{kt}{4\lambda C_2}\,\frac{r}{x}\,\frac{\sigma}{\varepsilon}$$

(σ, résistivité du bassin; ε, amplitude d'une électrode). Bien entendu, le pas des tourbillons ne sera pas nécessairement égal à λ; il peut être commode d'utiliser une relation du type indiqué par Valensi : $\mu = a\lambda + (1-a)\lambda_0$, où λ_0 représente le fonctionnement de traction nulle, et où a est voisin de $3/4$ [2]. Je détaillerai ailleurs les légères modifications que subissent alors le modèle et les formules précédentes.

Les réalisations en cours permettent d'espérer que le calculateur d'hélices, dont je viens d'indiquer le principe, donnera des résultats aussi satisfaisants que le calculateur d'ailes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'intensité, l'énergie et la nature des ions produits par un nouveau tube à accélération.* Note [1] de M. **Max Morand**, présentée par M. Frédéric Joliot.

J'ai réalisé une nouvelle source d'ions, utilisant la décharge spontanée sous haute tension dans l'hydrogène ou le deutérium; elle est caractérisée par le grand diamètre du trou de sortie des ions et par l'adjonction, à la source d'ions proprement dite, d'une série de lentilles électrostatiques destinées à focaliser le faisceau et à donner aux ions moléculaires, présents en très grande proportion dans le faisceau initial, l'énergie nécessaire pour obtenir leur cassure en ions atomiques contre les molécules du gaz résiduel, dans une région où la pression de ce gaz est encore assez élevée. Ces ions sont ensuite accélérés sous une plus haute tension et focalisés sur une cible.

En vue de déterminer l'intensité, l'énergie et la nature des ions de ce faisceau, j'ai procédé à l'ensemble de mesures suivantes.

1. *Intensité nette du faisceau arrivant sur la cible, sans émission secondaire.* — Deux procédés ont été employés successivement : un champ magnétique très intense dans lequel la cible est plongée, un champ électrique antagoniste. Le premier procédé présente l'avantage d'empêcher l'arrivée aussi bien que le départ de tous les électrons secondaires ou parasites susceptibles de fausser la mesure de l'intensité et donne, par conséquent, une très bonne précision. Mais

---

(2) Ou bien la méthode de calcul de μ que j'ai donnée (*Congrès nat. de l'Aviation française*, Paris, avril 1945). (Note ajoutée à la correction des épreuves).

(1) Séance du 20 mars 1944.

il présente l'inconvénient d'encombrer les environs immédiats de la cible par un électroaimant et empêche ainsi des mesures simultanées d'activité provoquée par les neutrons dans une substance entourée de paraffine. Le second procédé est plus simple, mais offre l'inconvénient de diminuer légèrement la valeur observée, par suite de l'arrivée sur la cible d'électrons parasites provenant du passage du faisceau dans la région où le champ électrique antagoniste est appliqué. Toutefois, dans un tube bien vidé, cette correction doit être faible, aussi ces deux séries de mesures, qui ont conduit à des intensités de 0,1 à 1 milliampère, ont-elles été très concordantes. Ces intensités, surtout jusqu'à 0,5 mA, peuvent être maintenues avec une bonne stabilité, leurs variations lentes ne dépassant pas quelques centièmes.

2. *Différence de potentiel totale appliquée à la source et au tube.* — Cette mesure a été effectuée au moyen de résistances en série (environ 500 mégohms); les valeurs des tensions mesurées au moyen de ces résistances ont été contrôlées en utilisant un éclateur à boules de dimensions suffisantes; la précision est de quelques centièmes.

3. *Évaluation de la puissance dissipée dans la cible.* — Ce résultat a été obtenu en mesurant le débit de l'eau de refroidissement de la cible et ses températures avant et après la cible; la précision obtenue est de l'ordre de quelques centièmes. L'évaluation de la puissance dissipée dans la cible montre, par l'utilisation des mesures 1 et 2, que les ions arrivant sur la cible ont bien une énergie moyenne voisine de celle qui correspond à la tension totale appliquée au tube; ils proviennent donc bien de la source d'ions et ont traversé toutes les différences de potentiel appliquées à la source et au tube, et leur énergie moyenne est ainsi déterminée avec une assez bonne précision.

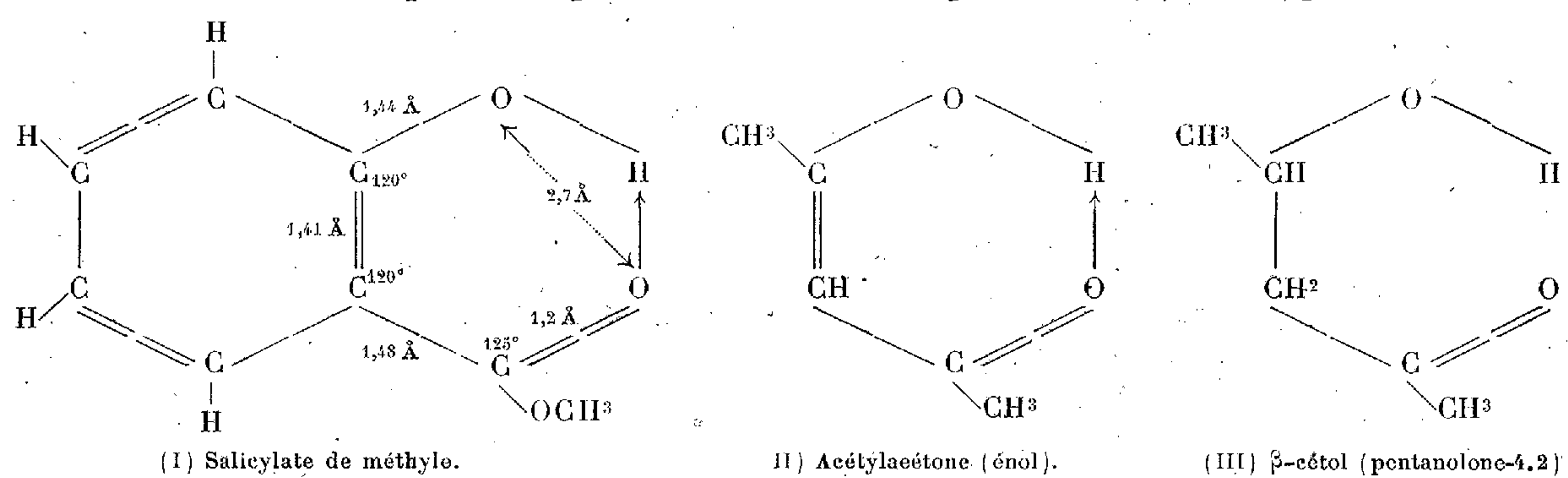
4. *Déviation magnétique du faisceau d'ions.* — J'ai obtenu cette déviation soit au moyen d'un électroaimant, soit au moyen d'une bobine de fil de cuivre parcourue par un courant d'intensité convenable et placée, à l'extérieur du tube, à hauteur de la porcelaine qui sert à l'isolement de l'étage d'accélération. L'avantage du premier dispositif est que la répartition du champ magnétique est plus facile à mesurer directement; l'avantage du second dispositif est qu'il ne gêne nullement les opérations à effectuer autour de la cible et permet, cependant, à tout moment, la mesure précise de la déviation magnétique. Le calcul du champ magnétique de la bobine a été réalisé suivant des méthodes classiques et les résultats obtenus au moyen de ces deux méthodes sont parfaitement concordants. Les foyers obtenus sur la cible étant bien définis, la mesure de la déviation magnétique se fait avec une très bonne précision, surtout pour les ions les plus rapides, dont l'énergie peut ainsi être connue avec une précision de l'ordre de grandeur de 1 000 électrons-volts sur 150000.

La mesure de la déviation magnétique a montré que les ions d'hydrogène ou de deutérium arrivant sur la cible, et dont l'énergie a été déterminée par les mesures 1, 2, 3, sont tous des ions *atomiques*. Leur énergie maximum est, toute-

fois, inférieure à celle qu'ils auraient s'ils avaient traversé comme ions atomiques toute la différence de potentiel appliquée à la source et au tube. Cela se comprend immédiatement, car la cassure des ions moléculaires, qui proviennent du processus primaire d'ionisation, a pour effet de donner, à chacun des deux ions atomiques qu'elle produit, seulement la moitié de l'énergie que possède l'ion moléculaire au moment de la rupture. La démonstration de la nature *atomique* des ions, les mesures de leur énergie et de leur intensité permettent de prévoir la réalisation d'une source de neutrons de très grande intensité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouge et phénomène de chélation : rôle des doubles liaisons.* Note [1] de MM. **René Freymann** et **René Heilmann**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. *Comparaison spectrale des composés chélatés et des β-cétols.* — On sait [2], [3] que dans le salicylate de méthyle ou la forme énolique de l'acétylacétone, il existe une liaison, par l'intermédiaire de l'hydrogène, entre l'oxygène de (OH) et l'oxygène de (C = O); cette liaison, appelée *chélation* ou *liaison hydrogène intramoléculaire*, peut se représenter comme suit [formules (I) et (II)] :



(I) Salicylate de méthyle. (II) Acétylacétone (énol). (III) β-cétol (pentanolone-4.2)

On pouvait penser que le même phénomène existerait pour un β-cétol tel que celui représenté par la formule (III) (pentanolone-4.2); en effet, la formule (III), très voisine de (I) et (II), met en présence les mêmes groupements (OH) et (C=O). Nous allons montrer cependant que les données spectrales sont toutes différentes pour les β-cétols.

L'un de nous a signalé antérieurement [3] que, du point de vue spectral, le phénomène de chélation se caractérise comme suit : *La bande* $3\nu(OH)_v$, vers $0^{\mu},96$, spécifique des groupements (OH) libres, *n'apparaît jamais, même*

---

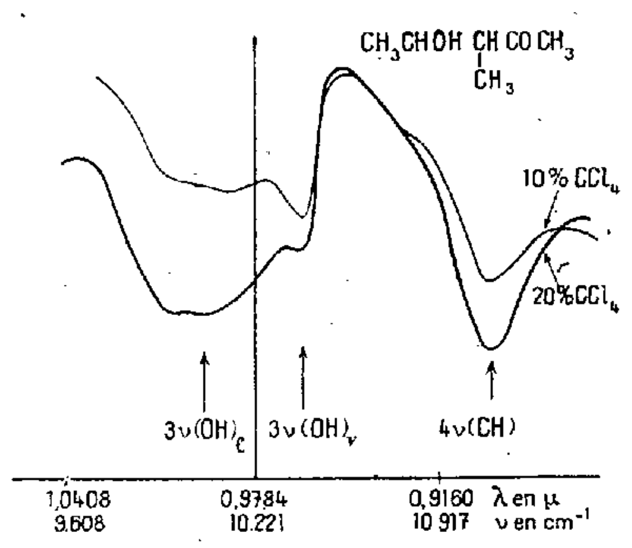
[1] Séance du 9 octobre 1944.

[2] O. R. Wulf, U. Liddel et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3574; **57**, 1935, p. 1464; **58**, 1936, p. 548; J. Errera et P. Mollet, *Journ. de Phys.*, 6, 1935, p. 281.

[3] R. Freymann, *Journ. de Phys.*, 7, 1936, p. 506; 9, 1938, p. 517; 10, 1939, p. 1; *Comptes rendus*, **206**, 1938, pp. 1812 et 1944; *Cahiers de Phys.*, 9, 1942, p. 1.

si l'on chauffe ou dilue le composé chélaté; de plus la bande $3\nu(OH)_I$ vers 1^{μ}, spécifique de (OH) faiblement associé (O—H...O), n'apparaît pas davantage. Par contre on observe, vers $1^{\mu},04$, très intense, la bande $3\nu(OH)_S$, spécifique de (OH) très fortement associé (O—H ← O).

Dans la même région spectrale, nous avons étudié les spectres de divers cétols; les résultats obtenus ont été publiés récemment (4) et développés depuis par J. Dubois (5).



La figure, extraite de notre Mémoire, donne le spectre vers 1^{μ} environ de la méthyl-3 pentanolone-4.2 [CH^3—CHOH—CH(CH^3)—CO—CH^3] en solution dans CCl^4 à 20 et 10 % en volumes. A l'encontre des observations précédentes sur les composés chélatés : 1° *la bande* $3\nu(OH)_V$ *apparaît nettement vers* $0^{\mu},9672$ *et son intensité augmente par dilution;* 2° la bande voisine de $0^{\mu},9859$, que nous désignons par $3\nu(OH)_I$, diminue au contraire rapidement lors de la dilution.

Nos enregistrements sur d'autres cétols (diacétone-alcool; pentanolone-4.2; éthyl-3 pentanolone-4.2) appuient également cette conclusion : *Les spectres infrarouges des β-cétols diffèrent totalement de ceux des composés chélatés.*

II. *Doubles liaisons conjuguées et liaison hydrogène intramoléculaire.* — Comme la seule différence entre composés chélatés et cétols tient à la présence ou à l'absence de (C=C), les résultats précédents confirment de façon définitive *le rôle capital joué par les doubles liaisons dans la formation de la liaison hydrogène intramoléculaire.* Deux interprétations peuvent en être données :

1° La double liaison (C=C) permettrait l'existence dans la position *cis* des groupements (OH) et (C=O) pour (I) et (II); par contre, pour (III), la libre rotation autour de (C—C) rendrait possible la position *trans* et empêcherait donc la chélation. Pour contrôler cette hypothèse, une expérience cruciale (que les événements ne nous ont pas permis de réaliser) consisterait à examiner le composé cyclique *saturé* C^6H^{10}(OH)(COOCH^3) *ortho*.

2° L'interprétation suivante nous semble plus plausible : Dans les composés

(4) R. Heilmann, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 112; R. Heilmann et R. Freymann. *Ann. Université Grenoble*, **19**, 1943, p. 131.

(5) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 333 et 359.

chélatés, ce serait *la présence des deux doubles liaisons conjuguées qui, seule, donnerait au cycle* —C=C—C— *ses propriétés particulières, comme c'est le cas*

```
—C=C—C—
  |    ||
  O—H←O
```

pour les cycles aromatiques (benzène, naphtalène etc.). Rappelons à ce propos *le rôle des électrons* π (6), ainsi que la comparaison entre l'anisotropie magnétique des composés aromatiques et la supraconductivité (7).

III. *Différence entre liaisons hydrogène intra et intermoléculaires : stabilisation.* — C'est de l'effet de stabilisation du cycle de chélation par les doubles liaisons conjuguées que résulterait l'indifférence de la liaison hydrogène intramoléculaire à l'élévation de température ou à la dilution. La stabilité relativement grande des liaisons bimoléculaires des acides organiques (qui restent partiellement associés, à l'état de vapeur) proviendrait peut-être également des doubles liaisons du cycle $(RCOOH)^2$, bien qu'elles ne soient pas conjuguées; la même remarque est valable pour l'acide sulfurique (3). Par contre, les liaisons intermoléculaires de l'eau, des alcools etc., ne renferment pas de double liaison; elles ne sont pas stabilisées et sont donc affectées par la dilution et par la température.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la fixation de l'hydrogène et du deutérium par le gadolinium.* Note de M. **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le gadolinium, comme d'autres éléments lanthanides, est capable de fixer l'hydrogène et son isotope, le deutérium, pour former des associations du type hydrure ou deutériure. Cette propriété a été vérifiée pour l'hydrure par F. Trombe, dans ses recherches sur le paramagnétisme des dérivés du gadolinium (1).

Des expériences, effectuées en vue de préciser le mécanisme de formation des hydrures semimétalliques, mettent en évidence deux phases distinctes dans la fixation de l'hydrogène et du deutérium par le gadolinium.

Du gadolinium de grande pureté, préparé par F. Trombe et F. Mahn (2), est introduit en quantité connue, un décigramme environ, dans un tube solidaire d'une capacité fermée. Il est maintenu au contact d'une atmosphère d'hydrogène ou de deutérium purs, sous une pression comprise entre 200 et 300mm de mercure. Le tube laboratoire pénètre dans un cylindre d'aluminium dont la température, contrôlée par un thermomètre, détermine celle de la

(6) E. Huckel, *Journ. de Phys.*, 6, 1935, p. 347; O. Schmidt, *Phys. Zeits.*, **42**, 1941, pp. 36 et 307; **43**, 1942, p. 73.

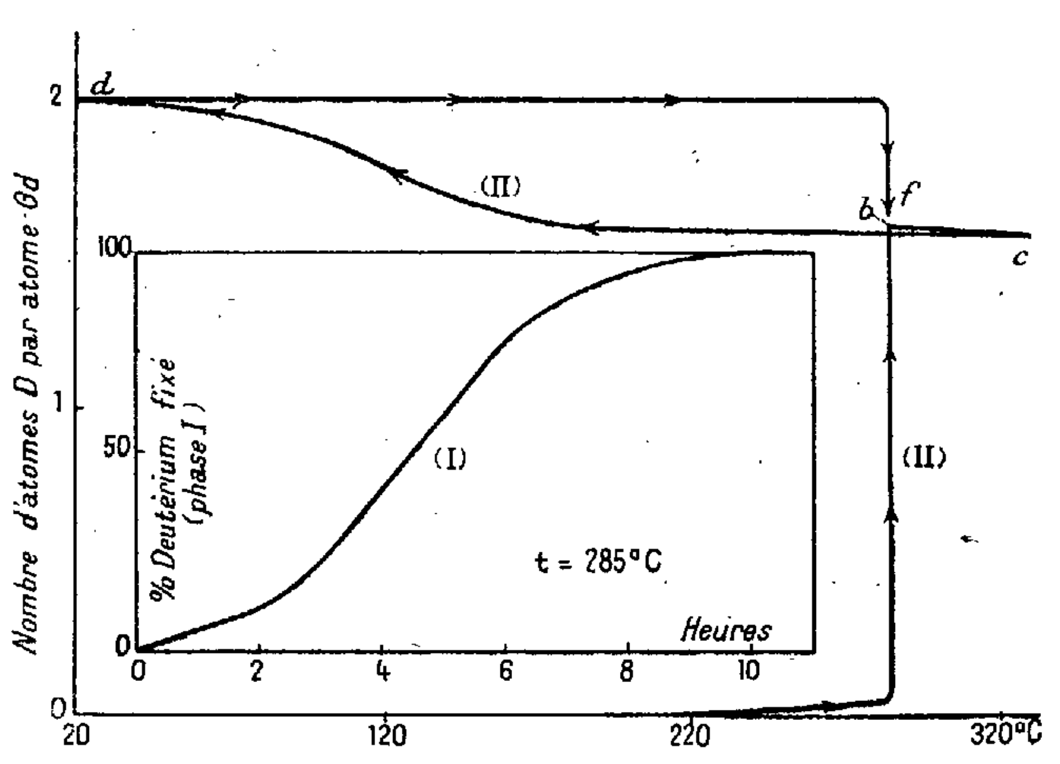
(7) F. London, *Actualités Sc. et Indust.*, Paris, 1938.

(1) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 182.

(2) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 603.

réaction. Un dispositif manométrique sensible permet de connaître les variations de pression à l'intérieur de la capacité, et par suite de suivre quantitativement l'absorption du gaz au cours de l'expérience, une fois jaugé le volume de l'installation.

Tant que la température reste inférieure à 150° C., il n'y a pratiquement



Évolution du système deutérium-gadolinium.

Courbe (I), cinétique de la première phase (285° C.); courbe (II), influence de la température sur la composition de la phase solide; O*ab*, première phase de l'absorption; *bc*, dissociation du produit de la première phase; *cd*, deuxième phase de l'absorption; *def*, dissociation du produit de la deuxième phase.

aucune absorption. Entre 150 et 250° C., le gaz commence à se fixer, mais sa pénétration reste lente. A partir de 250° C., l'effet de la température sur la vitesse d'absorption devient sensible. Pour une température donnée, supérieure à 250° C., le phénomène évolue de telle manière que la vitesse de l'absorption, d'abord faible, atteint un maximum pour décroître ensuite et s'annuler quand la première phase de la réaction est terminée. Aucune nouvelle absorption n'accompagne une éventuelle élévation de la température, qui provoque par contre une faible dissociation.

Au cours du refroidissement, et à partir d'une température dépendant des circonstances qui le déterminent, a lieu la deuxième phase de l'absorption. La pénétration du gaz, relativement rapide entre 250 et 150° C., se poursuit jusqu'à la température ordinaire.

Dans le cas particulier d'un échantillon de deutériure de gadolinium, des valeurs correspondant à environ 3 atomes D pour 2 atomes Gd, pour la première phase, et à 2 atomes D pour un atome Gd, pour le produit final, sont obtenues. Pour un hydrure formé dans des conditions analogues, les quantités de gaz fixées sont comparables aux précédentes.

L'étude de la dissociation des produits ainsi formés conduit cependant à penser qu'il ne faut pas attacher à ces valeurs une signification absolue et qu'un

certain nombre de facteurs définissant l'histoire de l'échantillon pourraient entrer en jeu lors de la formation du produit final. Il n'y a pas lieu de s'étonner de ce fait, constant lors des recherches sur les hydrures du type semimétallique ([3]).

Les observations relatives à la première phase suggèrent que l'absorption préliminaire de l'hydrogène et du deutérium par le gadolinium met en jeu deux processus principaux, un processus de pénétration d'une part, un processus de fixation d'autre part, celui-ci conditionnant d'ailleurs celui-là. Cette interprétation permet d'expliquer la loi de variation de la vitesse au cours de l'absorption isotherme. Celle-ci est d'abord limitée aux couches superficielles; le nombre d'atomes de métal susceptibles de fixer, après activation éventuelle, l'hydrogène ou le deutérium est restreint, et le phénomène évolue lentement. Lorsque l'absorption progresse, la pénétration devient plus profonde et un plus grand nombre d'atomes du métal sont en contact avec le gaz : la vitesse d'absorption s'accroît. Finalement la quantité de gaz fixée est telle que le nombre d'atomes libres du métal décroît, et ceci se traduit par l'allure particulière de la courbe en fin d'absorption.

Au cours de la deuxième phase, le réseau du solide se prête spontanément à la pénétration par les molécules du gaz, et le processus de fixation, différent du précédent, est beaucoup plus rapide.

GÉOLOGIE. — *Volcans enfouis dans les formations secondaires des Petites-Pyrénées au Nord de Saint-Gaudens* (*Haute-Garonne*). Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Charles Jacob.

Au cours de l'automne 1943 le *Sondage* n° 1 *d'Aurignac* (Haute-Garonne), exécuté par la Régie autonome des Pétroles, sur un brachyanticlinal de formations secondaires au Nord de Saint-Gaudens, après avoir traversé des marnes et grès du Flysch néocrétacé, atteignait, à 2510^{m} de profondeur, des formations éruptives.

Une première carotte (2511^{m}) présentait l'apparence extérieure d'une serpentine; en plaque mince, la roche se montra formée d'un verre contenant de grands cristaux et des microlites d'augite et de la magnétite en abondance; quelques squelettes de phénocristaux, avec forme d'olivine, étaient remplis de produits secondaires (chlorites vertes, calcédoine). L'on se trouvait donc en présence d'une roche volcanique à faciès basaltique. Les carottes retirées par la suite confirmèrent cette première découverte. Celle de 2531^{m} était fort riche en microlites d'augite avec macles cruciformes, accompagnés de biotite et de cristallites de titanomagnétite; elle contenait, en enclave, une scorie de verre bulleux avec microlites d'augite. Les carottes de 2640^{m}, 2692^{m} et 2793^{m} étaient principalement formées de verre scoriacé, riche en microlites d'augite et en magnétite; celles de 2585^{m} et 2659^{m} contenaient des microlites peu abondants de feldspaths, voisins du labrador, accompagnant l'augite et la biotite.

(3) Sieverts et Müller-Goldberg, *Z. anorg. Chem.*, **131**, 1923, pp. 65-77.

Les débris ramenés du fond du trou par la boue du rotary en un flux continu, observés de 10 en 10^m, montrent soit de petits fragments de roches basaltiques, parfois avec olivine, souvent vitreuses et scoriacées, soit des plaquettes plus grandes de schistes finement gréseux, de teinte gris clair, avec des tufs de projection, soit enfin un mélange en proportions variées de ces deux natures de roches, cas le plus fréquent.

Le sondage a été arrêté par accident à 2968^m, après s'être enfoncé de 467^m dans la série volcanisée sans en sortir.

Entre temps le *Sondage* n° 1 *de Gensac*, emplacé sur une autre structure analogue à environ 25^{km} à l'Ouest de celui d'Aurignac, rencontrait, à 2313^m de profondeur, dans des formations de même âge, une série volcanisée comparable à la précédente.

Une carotte à 2331^m montrait en plaque mince de l'augite abondante aux deux temps de cristallisation, des microlites de plagioclase (labrador), des cristallites de titanomagnétite, souvent disposés en peigne autour des plagioclases; des squelettes de cristaux d'olivine probable, occupés par des chlorites vertes et de la calcédoine secondaire. C'est une roche labradorique et augitique à faciès basaltique.

Les débris de forage, observés de 10 en 10^m, montrent soit des roches de ce type, parfois avec olivine, souvent vitreuses et scoriacées, soit des tufs de lapilli et de cendres parfois accompagnés de marnes et de calcaires; enfin, le plus souvent, un mélange de ces deux natures de roches. Des débris de Lamellibranches, des Foraminifères se rencontrent dans les tufs au milieu des lapillis et des cendres, faisant la preuve de leur dépôt dans les eaux marines.

Entre 2313^m et 2548^m, soit sur 235^m, la série est principalement volcanique. Entre 2548^m et 2600^m, soit sur 52^m, d'importants bancs de marnes noirs et de calcaires bruns interviennent, mais les débris de roches à augite et olivine persistent à certains niveaux dans les débris de forage avec prédominance de tufs verts finement gréseux. Le volcanisme intéresse au total 287^m de formations, au-dessous desquelles le sondage s'est poursuivi au sein de calcaires et de marnes appartenant à l'Albien-Aptien.

L'analogie entre les roches éruptives des deux sondages est grande. Le mica noir n'a été encore trouvé qu'à Aurignac. Les feldspaths en microlites, rares à Aurignac, sont abondants dans la carotte 2331 de Gensac. Mais, dans l'ensemble, ces roches sont semblables, caractérisées par l'abondance des barylites, augite, magnétite et rutile, olivine moins fréquente, parfois mica noir; les plagioclases (labrador) apparaissent rarement et seulement au deuxième temps de cristallisation. Le verre est généralement abondant; cependant parfois la cristallinité est grande (2531^m d'Aurignac et 2331^m de Gensac).

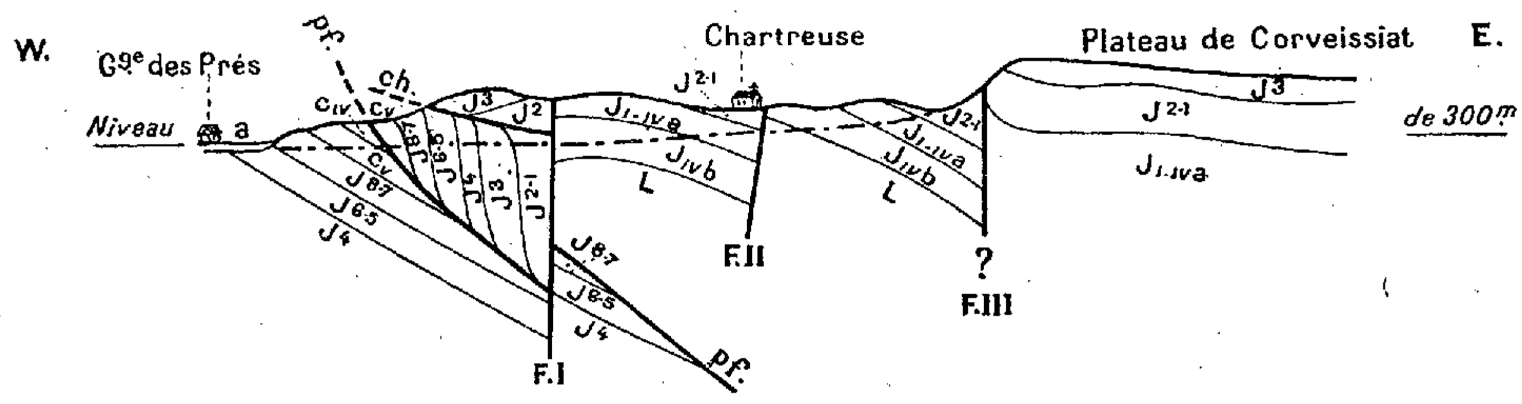
En l'absence d'analyse chimique, les seules données minéralogiques conduisent, en raison de la prédominance de l'augite, à les rapprocher des ankaramites de M. A. Lacroix. L'apparition de la biotite, probablement d'origine pneumatogène, leur donne parfois un faciès lamprophyrique (spessartite). L'étude des débris de forage, dont une partie peut, il est vrai, être tombée dans le sondage en provenance de niveaux supérieurs, semble cependant indiquer, par la fréquence des scories et des tufs, qu'il s'agit de coulées successives, superposées, parfois séparées par des matériaux pyroclastiques remaniés et sédimentés.

Les points de sortie du magma se sont placés suivant une direction O légèrement N-O, coïncidant avec celle de l'axe anticlinal qui intéresse les formations secondaires. On peut supposer qu'ils se formèrent sur des fractures de détente succédant à des poussées tangentielles préludant aux plissements pyrénéens, donnant naissance, durant le Secondaire, à une cordillière d'iles ou de volcans sous-marins qui disparurent dans l'enfoncement sous les dépôts postérieurs.

Les produits pyroclastiques rappellent ceux recueillis par E. Chaput dans les formations anténéogènes de l'Anatolie Centrale.

TECTONIQUE. — *Sur la structure de la partie Ouest du Jura méridional.* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

J'ai signalé l'existence, dans les chaînes orientales du Jura, de recouvrements nombreux : en général le flanc normal des anticlinaux déborde plus ou moins le flanc inverse, et celui-ci recouvre à son tour le flanc normal du synclinal contigu. L'étude approfondie de la chaîne de Corent, à l'Est de la vallée du Surand, m'a montré l'existence de phénomènes de ce genre dans la région occidentale, entre Simandre (Ain) et Germagnat (Jura). J'ai décrit cette chaîne comme formée, à l'Est de Villereversure, de deux anticlinaux accolés : un anticlinal occidental, A, dissymétrique, faillé axialement, dont le flanc W,



Coupe W-E passant par la Chartreuse de Sélignat.

a, alluvions; CIV, Hauterivien; CV, Valanginien; J^{8-7}, Portlandien; J^{6-5}, Kiméridgien; J^4, Astartien; J^3, Rauracien; J^{2-1}, Argovien, Oxfordien, Callovien; JI-IV*a*, Bathonien et Bajocien supérieur; JIV*b*, Bajocien inférieur; L, Lias; *pf.*, rupture du pli-faille; *ch.*, surface de chevauchement du flanc normal sur le flanc inverse de l'anticlinal; F. I., F. II, F. III, failles verticales postérieures au plissement. En points et tirets, projection verticale du fond de la cluse : *au-dessus*, partie observée; *au-dessous*, partie interprétée. Échelle : 1/40000.

redressé, est légèrement chevauché par le flanc Est normal, et un anticlinal oriental, B, presque réduit à son flanc Est normal, le flanc W n'étant représenté que par des éléments bréchiques, interposés localement au contact des deux anticlinaux.

Vers le Nord, B se prolonge sans discontinuité. Quant à l'unité A, elle est coupée, peu au Sud du tunnel de Simandre, par un accident NNW-SSE qui reporte de plus de 300m vers l'Est son flanc W, déjeté ou déversé. Dans l'ensemble, la structure apparente reste inchangée jusqu'à la cluse de Sélignat,

où le noyau bajocien de l'unité B bute, à l'Est de l'Abbaye, par faille longitudinale (F. II), contre le flanc normal de l'unité A; puis à l'Ouest, le Bathonien de ce flanc bute, par une faille longitudinale (F. I), contre le flanc inverse de la même unité, fortement déversé, écrasé, débité localement en petites écailles superposées, grâce à des surfaces cisaillantes subhorizontales qui manifestent l'importance des efforts tangentiels en ce point.

Au Nord de la cluse, la structure de l'anticlinal A se complique : un lambeau de recouvrement formé d'une série normale (Oxfordien-Argovien-Séquanien) et butant vers l'Est par la faille I contre le Bathonien du flanc Est, coiffe le flanc inverse de l'unité A, qu'il déborde largement plus au Nord et dont il fait progressivement disparaître les couches chevauchées. Près de la Granges des Pies, Valanginien et Portlandien du flanc inverse sont seuls visibles sous le Rauracien oolithique de la lame. Plus au Nord, le flanc inverse a disparu sous le front d'avancée, bréchique, qui atteint presque le niveau du val. Ce régime se poursuit au delà de Chavannes, laissant subsister par places, en avant du lambeau chevauchant, des lentilles de flanc inverse. La série normale chevauchante appartient au flanc normal du pli A dont elle est séparée par la faille I, postérieure donc au chevauchement. Le flanc renversé de l'anticlinal A est lui-même poussé sur le Synclinal du Surand.

Le style observé dans les chaînes orientales se retrouve donc dans la chaîne de Corent, mais les failles longitudinales postérieures, en hachant la structure initiale, en rendent l'observation difficile. Ces failles expliquent l'existence de séries dont la position structurale paraît d'abord inexplicable, comme celle de Banchin, en avant du flanc inverse de l'anticlinal A, formée de Séquanien reposant vers le Nord sur l'Hauterivien du Synclinal du Surand. Ce style a dû être généralisé dans toute la moitié Ouest du Jura méridional. On en retrouve des exemples à l'Est de Cézia et près de Montcoux (Jura), dans la chaîne du Bourbouillon, ainsi qu'à l'Est de Boutavent (Jura), dans l'anticlinal Condes-Oliferne. Quand les terrains en recouvrement ont été enlevés par l'érosion, la surface rocheuse et bréchique sur laquelle s'est effectué le transport a pu être conservée : ainsi à l'Est d'Anchay, le long de la route Arinthod-Toirette (Jura), au Sud-Est de Boutavent et à l'Est de Marie, près de Cuiseaux.

Il ressort de ces observations que la structure de la partie occidentale du Jura méridional est passée par un stade voisin de celui que nous avons étudié dans les hautes chaînes orientales. Mais ce stade y a été suivi d'une nouvelle phase tectonique qui a fragmenté la structure antérieurement acquise, par une série de failles longitudinales, ainsi que d'une période d'érosion qui a fait disparaître les terrains, en recouvrement, du flanc normal des anticlinaux. Comme dans le Jura oriental et par poussée au vide, ce flanc normal, séparé du flanc déversé, tantôt par rupture axiale, tantôt par coupure d'érosion, a profité des facilités que lui offrait la topographie existante pour déborder le flanc inverse. Les failles longitudinales du Jura occidental, verticales ou peu

chevauchantes, sont pour la plupart des accidents postérieurs au plissement proprement dit et qu'il faut probablement lier à l'effondrement bressan. Toutefois certaines d'entre elles doivent être rapportées au plissement lui-même et considérées comme l'amorce de plans de chevauchement, aujourd'hui détruits par l'érosion. La moitié occidentale du Jura méridional, qui ne nous montre plus pour ainsi dire que les racines des flancs normaux qui avaient progressé en lames de recouvrement, paraît donc à un stade structural plus avancé que les chaînes orientales, et c'est une des raisons de croire que ses plissements sont plus anciens.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur l'épiderme cotylédonaire du Haricot.* Note de M. **Ernest Somon**, présentée par M. Louis Blaringhem.

J. Sachs ([1]) a indiqué que, dans la graine du Haricot au repos, les cellules épidermiques de la face supérieure cotylédonaire sont *longuement étirées dans la direction de l'axe longitudinal de la graine*. D'après Godfrin ([2]) ces cellules sont *allongées suivant l'axe du cotylédon*, et les nervures cotylédonaires *émergent de la tigelle, au nombre de* 6 *à* 8, *puis se dirigent, parallèles entre elles, vers le sommet du cotylédon*. Il semble donc bien que, pour F.-J. Godfrin ([2]), l'axe morphologique du cotylédon de Haricot se confonde avec son axe longitudinal et que les cellules allongées soient disposées parallèlement à cet axe. Enfin, d'après les deux auteurs précités, *l'épiderme cotylédonaire du Haricot est complètement dépourvu de stomates dans la graine au repos*.

Mes observations diffèrent de celles de Sachs et Godfrin. J'ai étudié l'épiderme cotylédonaire de graines mûres et sèches appartenant aux espèces et variétés suivantes : 1° *Phaseolus vulgaris*, variété flageolet rouge; var. flageolet blanc *très hâtif d'Étampes;* var. *Beurre plein le panier* à grain café au lait; *P. multiflorus*, var. à grain blanc; var. *Colossal* à grain rouge; *P. lunatus*, var. à grain rouge et var. à grain blanc.

J'ai constaté que l'épiderme cotylédonaire, d'une épaisseur uniforme, est constitué d'une assise de cellules tabulaires, placées côte à côte. Sur la face inférieure, convexe, du cotylédon, chacune des cellules épidermiques a extérieurement la forme d'un polygone sensiblement isodiamétrique. Sur la face supérieure, à peu près plane, du cotylédon, le plus grand nombre des cellules épidermiques, quadrangulaires ou irrégulièrement penta-, hexa- ou heptagonales, rarement triangulaires, sont allongées; leur plus grande dimension est *orientée dans le sens de la largeur du cotylédon*, donc perpendiculairement à l'axe morphologique, tel que Godfrin l'a défini par l'étude de la disposition des nervures. Au voisinage de l'axe cotylédonaire, la longueur des cellules peut

---

([1]) *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. zu Wien*, 1859, p. 61.
([2]) *Ann. Sc. nat., Bot.*, 6e série, **19**, 1884, p. 38.

atteindre et même dépasser 7 fois leur largeur; à mesure qu'on s'écarte de l'axe, les cellules sont moins longues et leur orientation devient variée; elles finissent, sur les bords du cotylédon, par être isodiamétriques comme les cellules de l'épiderme inférieur. De plus les variations de longueur et de largeur des cellules, loin d'être proportionnelles, sont parfois de sens contraires : on trouve côte à côte des cellules longues et étroites, et des cellules courtes et larges.

On sait qu'il est rare qu'un épiderme soit allongé transversalement par rapport à l'axe de croissance de l'organe qu'il recouvre. Ici l'allongement des cellules, leur orientation, paraissent révéler que, sur la fin de la croissance du cotylédon, l'épiderme supérieur a subi, du fait du développement des tissus sous-jacents, une traction perpendiculaire à l'axe de l'organe.

D'autre part, dans les variétés étudiées j'ai observé que *l'épiderme cotylédonaire de la graine mûre et sèche comporte des stomates*. Chez *P. multiflorus* ils sont peu nombreux, localisés sur la face supérieure seulement, et surtout dans la moitié basale du cotylédon, où cependant leur répartition est irrégulière. Dans les autres espèces ils existent en outre sur toute la face inférieure, et y sont plus nombreux que sur la face supérieure; dans l'épiderme inférieur du Flageolet rouge il y a jusqu'à 3 stomates par champ de 0,00785 mm^2, qui comporte toujours au moins 1 stomate.

A l'exclusion de toute autre cellule de l'épiderme, dans la graine sèche, les cellules stomatiques sont, le plus souvent, amylifères, et l'on trouve toujours sensiblement le même nombre de grains d'amidon dans les deux cellules d'un même stomate. Ces grains, simples, sphériques, sont à peu près tous de diamètres égaux dans la même cellule. Enfin les grains d'amidon sont d'autant plus volumineux que les stomates sont mieux différenciés, les stomates les moins parfaits ne contenant pas d'amidon. Ces variations au point de vue amylifère contribuent à souligner la *diversité toujours apparente des degrés de différenciation des stomates d'un même fragment d'épiderme cotylédonaire* de la graine mûre et sèche. Très rarement il arrive que les deux cellules d'un même stomate sont à des degrés d'évolution différents.

J'ai observé en outre que les graines, saines ou non, provenant de pieds de flageolet *très hâtif d'Étampes* atteints d'anthracnose sont pourvues de stomates cotylédonaires mieux différenciés que ceux des graines provenant de pieds non parasités. Dans le premier cas les grains d'amidon stomatiques atteignent jusqu'à $2^{\mu},5$ de diamètre, contre $1^{\mu},5$ seulement dans le second. *Il semble donc que l'infestation parasitaire du végétal peut déterminer, chez celui-ci, une réaction se traduisant, entre autres manifestations, par une différenciation plus précoce et plus complète des stomates cotylédonaires de ses graines, et cela même dans les fruits sains de la plante atteinte.*

La présence des stomates cotylédonaires, prêts à fonctionner dès le début de la germination, suggère que la diffusion des gaz peut s'opérer très tôt à partir du micropyle de la graine vers les espaces aérifères de l'embryon, permettant

la respiration de celui-ci. Il est certain qu'elle offre aussi une voie aux invasions bactériennes ou mycéliennes. Enfin elle constitue, en un sens, une indication de la valeur morphologique foliaire des cotylédons du Haricot.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Polystomie expérimentale et morphogenèse chez les Ciliés*. Note [1] de M. EMMANUEL FAURÉ-FRÉMIET, présentée par M. Maurice Caullery.

L'arrêt accidentel ou expérimental des processus de la bipartition peut entraîner, chez les Infusoires ciliés, la formation d'organismes doubles ou multiples, morphologiquement caractérisés par la présence de deux ou plusieurs bouches. Les Infusoires distomes homopolaires peuvent se multiplier ensuite sous cette forme (*Glaucoma*, E. Chatton 1921; *Uroleptus*, N. G. Calkins 1925), tandis que les Infusoires polystomes et multipolaires ne peuvent se diviser (*Paramecium*, Balbiani 1893, Calkins 1911; *Colpidium*, Chatton 1925, Sonneborn 1932). L'étude d'Infusoires holotriches à symétrie axiale permet de préciser l'un des mécanismes de la polystomie.

Si l'on arrête la bipartition chez un *Didinium nasutum*, sous l'effet ménagé du formol au 1/10000, on obtient un individu géant pourvu de quatre ceintures ciliaires, chez lequel une bouche latérale apparaît bientôt en un point quelconque de l'équateur. Après quelques heures le sillon de division reparaît, s'achève et devient le lieu de formation d'une nouvelle bouche, de sorte que la bipartition sépare un proter normal et un opisthe distome, dont les deux bouches, également fonctionnelles, sont situées au même niveau; la division ultérieure de l'individu distome donne un proter distome et un opisthe normal. Les caractères généraux de l'infraciliature, mis en évidence par Chatton et Lwoff, permettent d'analyser ce phénomène.

Chez un Holotriche du type *Didinium*, les cinéties méridiennes sont continues du pôle oral au pôle antapical, mais ne portent de cils qu'au niveau des deux ceintures vibratiles. Lorsqu'une bouche se forme latéralement, à l'équateur, les cinéties se rompent en ce point, et, sur l'opisthe, une partie d'entre elles convergent vers cette bouche, tandis que, après la division, les autres convergeront vers la nouvelle bouche. Un phénomène de régulation morphogénétique se manifeste bientôt par la néoformation de cinéties radiaires dans l'espace compris entre les deux pôles oraux [2]; mais la dissymétrie desmodextre des cinéties interdit à ces éléments néoformés d'entrer en continuité par leurs extrémités distales, de sorte que chaque bouche apparaît comme le centre d'un champ ciliaire, dont les rayons internes sont en opposition, tandis que les externes appartiennent à un même système, ce qui permet encore la séparation d'un individu postérieur régulier.

L'accroissement des cinéties néoformées peut provoquer l'écartement des

---

(1) Séance du 23 octobre 1944.

(2) Un processus d'élinéation (Chatton et Lwoff) est probablement à leur origine.

deux bouches, et, si l'angle formé par leurs axes tend vers 180°, on obtient un monstre double apparemment hétéropolaire, à partir duquel une bipartition ne pourrait plus séparer un opisthe normal. En fait la division est impossible dans ce cas et dans ceux où l'organisme apparaît multipolaire, deux ou trois bouches latérales s'étant formées au cours de l'arrêt de la division.

Un autre Holotriche à symétrie axiale, l'*Enchelys mutans* Mermod, donne spontanément, dans les cultures suralimentées, de tels monstres multipolaires; ceux-ci peuvent s'accroître sans se diviser pendant près de 25 jours, tandis que leur macronucleus devient un noyau géant ramifié. On observe, ici encore, le partage des cinéties primitives entre les diverses bouches et la formation de nouvelles cinéties radiaires dans les espaces devenus libres; les multiples champs ciliaires ainsi constitués s'*interpénètrent*, mais ne s'*intègrent pas*, du fait des oppositions de polarité cinétiennes; la surface des monstres multipolaires apparaît alors comme une mosaïque de champs ciliaires individuels, à travers laquelle aucun processus normal de division ne saurait plus séparer deux champs homogènes. Les Paramécies multiples, obtenues après mérotomie, réalisent un cas semblable.

En résumé, les cas de polystomie montrent que chaque individualité morphologique (confondant chez les Infusoires les deux notions d'organisme et de cellule) correspond à un réseau de cinéties, dont la disposition spatiale et les conditions d'homogénéité sont imposées par la polarité et la dissymétrie de ces formations. Les cinéties sont constituées par une fibrille axiale, ou cinétodesme, groupant, sur son côté gauche, sous forme de courtes chaînes latérales, une série régulière de cinétosomes, dont quelques-uns forment des cils; à la dimension et au degré de complexité près, un même type de structure caténaire, possédant une polarité morphologique, se retrouve chez certaines macromolécules, telles que les chaînes peptidiques ou cellulosiques; or de telles chaînes moléculaires ne peuvent se grouper en édifices réguliers que si leur assemblage satisfait à certaines conditions de symétrie, de polarité, de correspondance des groupes actifs, imposées par leurs caractéristiques structurales et réalisant un réseau du type cristallin dont les mailles peuvent être complexes, ou peuvent s'intégrer dans une superstructure complexe à plus grande échelle (cristallites des protéines fibreuses, de la myosine, des virus-protéine). Une comparaison devient alors possible entre certaines propriétés de ces deux sortes de réseaux, et fait apparaître une analogie entre la structure superficielle d'un individu cellulaire, c'est-à-dire le réseau de cinéties complet et homogène qui le caractérise, et la maille élémentaire d'une superstructure d'ordre cristallin.

Il n'est pas interdit de penser qu'une telle analogie pourrait avoir une signification plus profonde, si l'on envisage, avec H. Devaux, R. A. Peters, J. Needham, A. Baitsell, D. Dervichian etc., une ultrastructure moléculaire de la cellule ([3]).

([3]) Voir Fauré-Frémiet, *Revue Scientifique*, **81**, 1943, p. 433.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence du radium sur quelques champignons inférieurs cultivés sur divers milieux.* Note (¹) de MM. **Auguste** et **René Sartory**, et **Benoit Würtz**.

Au cours de ces expériences nous avons fait appel à deux champignons inférieurs; le premier est *Lichtheimia corymbifera* (Cohn, 1884); le deuxième un *Fusarium* provenant de la collection de l'Institut Pasteur et désigné sous le terme de *Fusarium* 245.

1. *Lichtheimia corymbifera.* — Nous avons choisi cet *Oomycète*, dont les zygospores sont inconnues, afin de rechercher si l'irradiation n'était pas susceptible de faire apparaître les éléments de la reproduction sexuée ainsi que cela avait eu lieu pour un *Ascomycète*, le *Sterigmatocystis nigra*.

Or ni les doses, ni les temps d'irradiation les plus variés, ni les conditions d'humidité, de température diverses ne nous ont permis d'obtenir ce résultat. Cependant un fait est à noter : la plupart des filaments présentent un cloisonnement accentué sur milieux solides; ce cloisonnement, insolite pour une *Mucoracée*, ne semble pas devoir être dû à l'irradiation; en effet des cultures-témoins sur milieu solide (gélosé à 8 °/₀₀), non irradiées, ont révélé l'existence d'un certain nombre de filaments où le cloisonnement est aussi intense que chez *Sterigmatocystis nigra*, sans qu'aucune autre anomalie se manifeste. Il semble qu'ici encore la nature du milieu ait eu des répercussions sur la morphologie du Champignon.

2. *Fusarium* 245. — Il s'agit d'un représentant de l'ordre factice des *Fungi imperfecti;* la souche ayant servi à nos expériences provient de la collection de l'Institut Pasteur, l'espèce n'étant pas définie autrement par le numéro d'ordre 245.

Les cultures pratiquées sur milieu solide synthétique au sulfate d'ammonium, irradiées au moyen de doses croissantes de radium, présentent dans tous les cas les anomalies suivantes :

a. Au bout de 24 heures de nombreux filaments s'enroulent en spirales serrées; cette disposition ne s'observe jamais sur les préparations non irradiées faites sur le même milieu. Ces enroulements ressemblent beaucoup à ceux qui, chez *Sterigmatocystis nigra* irradié, précèdent la formation des périthèces. Le stade périthécien n'a toutefois pas pu être obtenu jusqu'à présent avec notre *Fusarium.* Signalons en outre que la production de ces enroulements est assez inconstante et dépend beaucoup de la température ainsi que du degré d'hydratation de l'atmosphère où la culture végète.

b. Après 48 heures de culture les éléments spiralés sont beaucoup plus rares dans les préparations; par contre nous notons l'apparition d'un nombre très

(¹) Séance du 23 octobre 1944.

élevé de chlamydospores d'aspect varié, le plus souvent pluriloculaires et gorgées de matières de réserve. Mais l'apparition de ces derniers éléments n'est pas imputable à l'action du radium, ainsi que nous l'ont montré des cultures non irradiées faites sur le même milieu; les chlamydospores apparaissent dès que le milieu s'épuise; elles se manifestent aussi comme une réaction de défense de l'organisme lorsque celui-ci végète en atmosphère saturée de vapeur d'eau. Toutefois notons ici que l'irradiation a pour conséquence l'augmentation sensible du nombre de ces chlamydospores.

Ce dernier exemple nous montre à son tour la facilité avec laquelle certains microorganismes, appartenant à des groupes divers, peuvent modifier leur morphologie microscopique sous l'influence de facteurs variés, teneur en électrolytes du milieu, température, degré hygrométrique etc. Les modifications sont limitées à l'individu qui les a subies et ne sont pas transmissibles héréditairement. Mais des expériences en cours, ayant porté sur l'irradiation de spores de *Sterigmatocystis nigra*, font prévoir qu'il peut en être autrement. Les résultats, toutefois, ne sont pas encore assez probants pour que l'on puisse déjà en faire état.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Lucien Cayeux est né le 26 mars 1864 à Semousies (Nord). Il a fait ses études à la Faculté des Sciences de Lille, où il eut pour maîtres, en Géologie et Minéralogie, Gosselet et Barrois. Préparateur de Géologie à la Faculté en 1887, il commença des recherches qu'il vint continuer dans le laboratoire de Marcel Bertrand à l'École des Mines de Paris, où il fut nommé préparateur en 1891; il y devint chef des travaux en 1902, professeur suppléant en 1904, et professeur titulaire de Géologie en 1907. Il abandonna cette chaire quand il fut nommé en 1912 professeur de Géologie au Collège de France. En 1901, il avait été nommé professeur de Géologie appliquée à l'Agriculture à l'Institut Agronomique.

Les recherches qui ont illustré le nom de Cayeux sont celles qu'il entreprit dès ses débuts sur les roches sédimentaires, et qu'il a continuées pendant toute sa vie. Ces roches, plus répandues que les roches éruptives, étaient beaucoup moins bien connues que ces dernières, qui avaient été longuement étudiées par Fouqué et Michel-Lévy et l'ont été depuis par notre Secrétaire perpétuel M. A. Lacroix. Cayeux leur consacra toute une suite de monographies, qui lui ont permis de faire connaître la composition intime de ces roches et de les grouper selon la nature de leurs éléments.

Un même plan a présidé à toutes ses descriptions. Toujours il part des sources, des roches cristallines constituantes, pour déterminer ensuite la composition, la nature, les proportions des divers éléments minéraux ou organiques intervenant; il suit alors leurs vicissitudes, leur décomposition, leurs transformations sous l'influence des agents chimiques, physiques et mécaniques, pour faire connaître le groupement définitif de leurs éléments dans les masses cohérentes variées qui sont les roches sédimentaires résultantes.

On doit ainsi à Cayeux d'une part des descriptions détaillées des caractères des roches sédimentaires, d'autre part des acquisitions précises sur leur mode

de formation; de plus, par l'étude des conditions de la génération de ces roches et des milieux où elle s'accomplit, il a étendu les connaissances sur les océans, les lacs et les rivières des diverses époques.

Il s'est attaché de préférence, dans ses recherches, à l'examen des roches les plus communes, telles que les roches siliceuses servant à l'entretien des routes, les calcaires employés dans les constructions, les minerais ferrugineux couramment exploités, les phosphates de France et d'Afrique du Nord; dans l'étude de ces roches qu'on pouvait croire bien connues, il a mis en évidence, imaginant souvent des procédés nouveaux, des faits importants qui avaient échappé jusque-là.

C'est sur les gisements français qu'il a surtout porté son examen, et il eut ainsi l'occasion de préciser en bien des points l'histoire géologique de la France. Par exemple, l'analyse de la craie lui a permis de dresser une carte de la mer du Bassin de Paris à l'époque crétacée.

Dans ces recherches, Cayeux a été un initiateur, et de Lapparent a signalé de bonne heure le grand intérêt de ses observations microscopiques, ouvrant en cette matière une voie nouvelle aux chercheurs.

Si considérables que soient les travaux de Cayeux sur les roches sédimentaires, ils n'ont pas absorbé toute son activité, et on lui doit en outre d'importantes recherches sur la Géologie de diverses provinces françaises, surtout dans le Nord, et de la Méditerranée orientale.

Il a fait, entre 1900 et 1914, plusieurs voyages dans cette dernière région, étudiant la stratigraphie et la tectonique de l'Archipel, et particulièrement de la Crète, dont il a donné une carte. Il a signalé le premier des phénomènes de charriage dans le Péloponèse et en Crète, où ils atteignent une grande ampleur. Dans ses travaux sur le terrain, comme dans ceux accomplis au laboratoire, Cayeux s'élevait aux conceptions générales, expliquant par exemple comment s'était formée la chaîne Dinarique avec autant d'ingéniosité qu'il en avait mis à interpréter le mode de formation des roches sédimentaires.

En même temps qu'il rendait à la science pure les plus éminents services, Cayeux ne négligeait pas les applications que ses travaux et ses méthodes pouvaient comporter pour l'industrie, l'agriculture, l'hydrologie. Ses études sur la constitution de la terre arable lui ont permis de donner à son enseignement à l'Institut Agronomique une grande originalité et un caractère pratique. Ses recherches sur les minerais de fer l'ont conduit à annoncer un prolongement du Bassin de Normandie, qui fut reconnu par des sondages et étendu jusqu'à Mézidon. L'Archéologie lui est redevable des indications qu'il a données sur Délos, qui ont précisé le régime hydrographique de cette île dans l'antiquité et orienté fructueusement les fouilles.

Plusieurs fois lauréat de l'Académie des Sciences, Cayeux y fut élu le 23 janvier 1928. Il appartenait aussi à l'Académie d'Agriculture, où il fit d'importantes communications sur les terres et sur les phosphates.

Depuis quelques années il s'était retiré à Mauves-sur-Loire, dans la Loire-Inférieure, mais continuait à travailler et venait de temps en temps à Paris pour se documenter. Un télégramme, envoyé de Nantes à M. A. Lacroix le 2 novembre, annonçait sa mort subite.

L'importance de son œuvre, la droiture de son caractère, son aménité lui avaient acquis parmi nous une grande autorité et une profonde et générale affection.

ÉLECTIONS.

M. le **Ministre de la Santé publique** prie l'Académie de bien vouloir lui faire savoir si elle maintient la désignation de M. **H. Vincent** pour faire partie du *Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France*.

L'Académie maintient cette désignation.

PLIS CACHETÉS.

Mlle **Jeanne Lévy** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 juillet 1944 et enregistré sous le n° 11989.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la Note suivante, dont l'Académie ordonne la publication :

Biochimie de la choline et de ses dérivés. Préparation de la choline hydrosoluble combinée à partir de l'ovolécithine. Purification. Réactions d'identification. Propriétés. Note de M. **Ernest Kahane** et Mlle **Jeanne Lévy** (1).

L'étude de l'autolyse de l'intestin conduit à admettre qu'après la mort des cellules, la totalité des lécithines du tissu intestinal se dégradent suivant un processus enzymatique et fournissent soit un dérivé cholinique complexe, hydrosoluble, soit de la choline caractérisable par la réaction de Florence. Ce processus enzymatique, dû à une lécithase B, est vraisemblablement identique à celui qui se poursuit lentement dans un fragment d'intestin maintenu en survie dans du liquide de tyrode oxygéné.

La choline hydrosoluble combinée qui se trouve dans l'extrait de tissu intestinal autolysé, puis déféqué par le sulfate ferrique et le carbonate de calcium, présente des propriétés chimiques analogues à celles de la choline hydrosoluble combinée caractérisée dans le sperme [E. Kahane et Jeanne Lévy (2)], dans les divers tissus de mammifères [E. Kahane et Jeanne Lévy (3)] et dans *Patella vulgata* [E. Kahane et Jeanne Lévy (4)]. Elle est capable sous l'influence, soit

(1) Travail effectué de 1939 à 1944.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, pp. 2186-2188; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **19**, 1937, pp. 959-975.

(3) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **21**, 1939, pp. 250-255.

(4) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **21**, 1939, pp. 255-263.

d'un extrait prostatique, soit de l'eau de diffusion de l'intestin, soit d'une hydrolyse acide, de libérer la totalité de la choline qu'elle contient. Elle est soluble dans l'eau, dans les alcools méthylique et éthylique, non soluble dans l'acétone; elle ne donne pas avec le réactif iodoioduré la réaction de Florence, ne précipite pas avec le réactif de Reinecke, ni avec l'acide phosphotungstique; elle est parfaitement dialysable. En solution méthylique, elle est adsorbable par la permutite ou l'actigel, puis est facilement éluée par traitement à l'eau bouillante.

Il est possible d'isoler une substance identique ou de la même famille, soit en faisant agir sur différents organes de rat, notamment le cerveau et le rein, la lécithase de l'intestin, soit encore en mettant en contact cette même lécithase avec l'ovolécithine.

Nous avons purifié la substance obtenue par ce dernier procédé par des adsorptions et des élutions successives, et nous avons établi, à chaque stade de purification, le rapport du poids de l'extrait sec au poids de chlorure de choline qu'il contient. Ce rapport caractérise l'état de pureté de l'extrait. Les chiffres les plus faibles que nous ayons obtenus sont 2,2 et 1,95. Si nous admettons que la choline hydrosoluble combinée est du glycérophosphate de choline, le rapport théorique est égal à 1,95 ou à 1,84, suivant que l'on attribue à cette dernière substance la formule

$$CH^2OH-CHOH-CH^2-O-P\begin{matrix} \nearrow O \\ \leftarrow \\ \searrow OH \end{matrix} O-CH^2-CH^2-N\equiv(CH^3)^3OH$$

ou

$$CH^2OH-CHOH-CH^2-O-P\overset{\nearrow O}{} \; O-CH^2-N\equiv(CH^3)^3 \quad \text{(5)}.$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\quad \lfloor____ O ____\rfloor$$

Mais le plus souvent, ce rapport est plus élevé et varie de 2,5 à 4 par suite de la présence d'impuretés difficiles à séparer. Nous avons également déterminé le rapport chlorure de choline/acide phosphorique, qui, théoriquement, est égal à 1,42 et qui, dans les extraits purifiés, a varié de 1,39 à 1,48. De plus nous avons caractérisé l'acide glycérophosphorique dans l'hydrolysat.

La choline hydrosoluble combinée semble dépourvue d'actions pharmacodynamiques importantes ([6]). Elle ne possède aucune propriété hémolysante

([5]) Cette hypothèse est conforme à celle qui a été formulée par Contardi et Ercoli (*Biochem. Zeitsch.*, **261**, 1933, pp. 275-302), qui ont admis que la lécithase B décompose la lécithine en fournissant du glycérophosphate de choline, qu'ils ne caractérisent ni n'analysent d'ailleurs. Elle s'accorde également avec celle de Mlle Le Breton et Pantaleon (*C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, pp. 36-38 et 38-39), qui ont découvert une lécithase dans le sérum et le sang, capable d'hydrolyser les phosphates du sang en glycérophosphate de choline.

([6]) Le glycérophosphate de choline a été préparé, soit synthétiquement, soit à partir de la lécithase, par Mihalik, Jeney et Uri (*Ber. ges. Physiol.*, **126**, 1941, p. 480) et par Valyi, Nagy et Mihalik (*ibid.*, **131**, 1943, p. 235). Ces auteurs ont également examiné les propriétés pharmacodynamiques de cette substance, qui apparaissent peu importantes.

comparable à celle de la lysocithine. Elle est pratiquement, aux doses faibles, sans action sur les vaisseaux, sur le cœur, le péristaltisme intestinal et le muscle strié; aux doses élevées, elle déprime le cœur et provoque une inhibition du péristaltisme intestinal. Étant donnée son action probable dans le métabolisme des graisses, nous avons examiné l'action de la choline hydrosoluble combinée sur la consommation d'oxygène des cellules hépatiques du rat, qui est fortement augmentée sous l'influence de la choline; la choline hydrosoluble combinée paraît pratiquement sans action sur le métabolisme du foie.

Conclusions. — 1° Dans l'autolyse de l'intestin de rat, une lécithase B hydrolyse la totalité des lécithines. Cette lécithase peut agir sur divers subtrats.

2° La lécithase B de l'intestin de rat est capable d'hydrolyser, dans certaines conditions, l'ovolécithine et de la transformer en un complexe cholinique hydrosoluble.

3° Nous avons directement extrait, à partir du sperme, des organes de mammifères et de *Patella vulgata*, de la choline hydrosoluble combinée analogue à ce complexe.

4° D'après l'analyse de ses fonctions, la choline hydrosoluble combinée semble s'identifier au glycérophosphate de choline. Elle est dépourvue des propriétés pharmacodynamiques reconnues à la choline et à la plupart de ses esters. Il est probable qu'elle joue un rôle prépondérant dans le métabolisme des graisses.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces de la Correspondance :

Henri Béghin. *Cours de Mécanique*. École Polytechnique, 1re Division, 1942-1943, et 2e Division, 1943-1944 (2 volumes polycopiés) (présenté par M. Joseph Pérès).

TOPOLOGIE. — *Nombres semi-réels et espaces ultramétriques.* Note (1) de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

En vue d'applications ultérieures, je vais introduire certaines notions, qui ne sont pas, d'ailleurs, entièrement nouvelles.

I. *Nombres semi-réels.* — L_0 étant l'ensemble des nombres réels (y compris $+\infty$ et $-\infty$), ordonné par l'ordre habituel, et Z étant l'ensemble des trois signes $\{+, n, -\}$, ordonné de manière que $+ > n > -$, les éléments du produit $L = L_0 \times Z$ des ensembles L_0, Z [c'est-à-dire les couples $\rho = (\rho_0, \zeta)$, $\rho_0 \in L_0$, $\zeta \in Z$] ordonné lexicographiquement [autrement dit, si $\rho'_0 < \rho''_0$ (ρ'_0, $\rho''_0 \in L_0$),

(1) Séance du 23 octobre 1944.

$(\rho'_0, n) < (\rho'_0, +) < (\rho''_0, -), < (\rho''_0, n)]$ seront appelés *nombres semi-réels* [2]. $[\rho] = \rho_0$ sera appelé la *valeur réelle* du nombre semi-réel $\rho = (\rho_0, \zeta)$, et $< \rho > = \zeta$ sera appelé son *espèce*. Deux nombres semi-réels seront dits *d'espèces non-opposées* si ou bien $< \rho' > = < \rho'' >$, ou bien un des $< \rho' >, < \rho'' >$ est n. Si ρ', ρ'' sont d'espèces non opposées, on définira leur somme $\rho' + \rho''$ et leur produit $\rho' . \rho''$ comme les nombres semi-réels tels que $[\rho' + \rho''] = [\rho'] + [\rho'']$, $[\rho' . \rho''] = [\rho'] . [\rho'']$ et $< \rho' + \rho'' > = < \rho' . \rho'' > = i(< \rho' >, < \rho'' >)$, ou $i(+, +) = i(+, n) = i(n, +) = +, i(n, n) = n, i(n, -) = i(-, n) = i(-, -) = -$. Un nombre réel ρ_0 sera identifié avec le nombre semi-réel (ρ_0, n) [cette identification conserve l'ordre et les opérations rationnelles dans L_0], et l'on écrira $\rho_0^+, \rho_0, \rho_0^- (\rho_0 \in L_0)$ au lieu de $(\rho_0, +), (\rho_0, n), (\rho_0, -)$. $L_0 \cup \{+\infty^+, -\infty^-\}$ est dense sur P, et tous ses éléments sont isolés sur P.

II. *Espaces ultramétriques* [3]. — Un espace métrique E est dit *ultramétrique* si, $d(a, b)$ désignant la distance des $a, b \in E$, on a, pour tous $a, b, c \in E$, $d(a, c) \leq \text{Max}[d(a, b), d(b, c)]$. Si $\rho > 0$ est un nombre semi-réel tel que $< \rho > \neq -$, et si $a \in E$, l'ensemble $C_E(a; \rho)$ des $e \in E$ tels que $d(a, e) < \rho$ sera appelé le *cercle de centre a et de rayon ρ dans* E. $C_E(a; \rho)$ sera dit *de* 1re ou *de* 2e *espèce* suivant que $< \rho > = +$ ou n. Deux cercles d'un espace ultramétrique sont disjoints quand aucun d'eux ne contient l'autre; quand ils sont d'un même rayon, ils sont disjoints ou coïncident, et tout point d'un cercle dans un espace ultramétrique en est un centre. $C_E(a; \rho')$ et $C_E(a; \rho'')$ sont dits *coradiaux* si $[\rho'] = [\rho'']$ sans que $\rho' = \rho''$. Tout ensemble ouvert d'un espace ultramétrique est une réunion de cercles disjoints de rayon $> 0^+$.

Si $E^\star \subseteq E$, le plus grand nombre semi-réel ρ tel que $E^\star$ soit une réunion de cercles de rayon ρ dans E sera noté $\underline{\rho}(E^\star)$ et appelé le *rayon inférieur* de $E^\star$, et la borne supérieure sur L des ρ tels que $E^\star$ contienne un cercle de rayon ρ dans E sera noté $\bar{\rho}(E^\star)$ et appelé le *rayon supérieur* de $E^\star$. $\varepsilon \geq 0$ étant un nombre réel, $E^\star$ sera dit ε-régulier si $[\bar{\rho}(E^\star)] - [\underline{\rho}(E^\star)] \leq \varepsilon$. Si $E^\star$ est 0-régulier, il sera dit *régulier* tout court, et, dans ce cas, $\bar{\rho}(E^\star) = \underline{\rho}(E^\star)$, et ce nombre, qui sera noté $\rho(E^\star)$, sera appelé le *rayon* de $E^\star$.

Si $E^{\star\star} \subseteq E^\star \subseteq E$, on appellera *ouverture de* $E^\star/E^{\star\star}$ *dans* E la réunion des cercles dans E contenus dans $E^\star$ et non disjoints avec $E^{\star\star}$.

Une relation d'équivalence P dans un espace ultramétrique E sera appelée un *diviseur* de E si $a \equiv b(P)$ et $d(a', b') \leq d(a, b) (a, b, a', b' \in E)$ impliquent $a' \equiv b'(P)$. On montre que les diviseurs sont des subdivisions P_ρ de E en cercles d'un même rayon ρ, et inversement. Le minimum des ρ tels que $P = P_\rho$ sera

---

(2) Une construction analogue a été indiquée pour les ensembles ordonnés quelconques par G. Kurepa dans sa Thèse, Paris, 1937 (*Publ. Math. de Belgrade*, 4, 1935, pp. 1-138).

(3) Les seuls espaces ultramétriques considérés jusqu'à présent semblent être les corps et les algèbres valués.

noté $|P|$ et appelé *valuation* de P, et $\omega(P) = -\operatorname{Log}|P|$ sera appelé *ordre* de P. P sera dit de 1re ou de 2e espèce suivant que $< |P| > = +$ ou n. Un diviseur P′ sera dit *diviseur* d'un diviseur P″ si $|P'| \geq |P''|$. Le produit P′ P″ de deux diviseurs P′, P″ sera, par définition, le diviseur P_ρ tel que $\rho = |P'|.|P''|$.

A et B étant deux classes distinctes suivant un diviseur P, $d(a, b)$ est indépendant du choix des $a \in A$, $b \in B$, et peut être noté $d(A, B)$. Si l'on définit la distance dans l'ensemble quotient E/P comme égale à $d(A, B)$ si $A \neq B$, et égale à o si $A = B$, E/P devient un espace ultramétrique, qui est discret sauf (si $|P| = 0^+$) quand il est égal à E.

Si E est, de plus, un espace de Banach sur un corps valué k (autrement dit un espace vectoriel normé sur k tel que $d(a, b) = |a - b|$ et que, pour tous $\alpha \in k$, $e \in E$, $|\alpha e| = |\alpha|.|e|$), $|e| = d(e, 0)$ et $\omega(e) = -\operatorname{Log}|e|$ seront dits la *valuation* et *l'ordre* de $e \in E$. Dans ce cas tout diviseur $P = P_\rho$ peut s'identifier avec la classe $C_E(0; \rho)$ de o suivant P, ce qui identifie l'ensemble des diviseurs de E avec celui des cercles du centre o dans E. En particulier, si E est un corps valué, ses diviseurs s'identifient ainsi avec ses idéaux, et cette identification conserve la divisibilité et la multiplication, et permet de caractériser un idéal par un seul nombre semi-réel (sa valuation ou son ordre) (4).

Une transformation T d'un espace ultramétrique E dans un espace ultramétrique E′ sera dite *centrale* en un $a \in E$ si tout cercle de centre a dans E se transforme en un cercle de même espèce et de centre Ta dans $TE \subseteq E'$. Elle est dite *partout centrale* si elle l'est en tout $a \in E$. T est dite une *quasi-similitude locale en a* s'il existe un voisinage V de a dans E tel que le rapport $d(Ta, Te) : d(a, e)$ soit indépendant de $e \in V$. Ce rapport sera noté $\mu_a(T)$ et appelé le *rapport de quasi-similitude de* T *en a*, et l'ensemble des $e \in E$ tels que $d(Ta, Te) = \mu_a(T).d(a, e)$ sera noté $\mathcal{E}t_a(T)$ et appelé *l'étoile de quasi-similitude de* T *en a*. Si $\mathcal{E}t_a(T) = E$, T sera dite une *quasi-similitude en a*. Si $\mu_a(T) = 1$, on parlera de *quasi-congruence locale*, de *l'étoile de quasi-congruence* et de *quasi-congruence* en a. S'il existe un voisinage V de a dans E tel que $d(Te', Te'') : d(e', e'')$ soit indépendant des $e', e'' \in V$, T sera dite une *similitude en a*, dont $\mu_a(T)$ sera appelé le *rapport de similitude en a*; le plus grand voisinage V satisfaisant à cette condition est un cercle $S_a(T) = C_E(a; \rho_a(T))$ qui sera appelé *cercle de similitude de* T *en a*, et son rayon $\rho_a(T)$ sera appelé le *rayon de similitude de* T *en a*. En particulier, si $\mathcal{E}t_a(T) = E$, T sera dite une *similitude*, et si $\mu_a(T) = 1$, on parlera de *congruence en a* et de *congruence*.

---

(4) A notre avis, les valuations et les ordres semi-réels remplacent avantageusement la *fonction symbolique* de M. Krull. Voir, par exemple, son article sur la Théorie des idéaux dans la nouvelle édition de l'*Enzycl. d. Math. Wiss.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la solution élémentaire d'une équation aux dérivées partielles associée à un espace riemannien harmonique.* Note de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Élie Cartan.

L'espace riemannien V_n à n dimensions, d'élément linéaire $ds^2 = g_{ij}\,dx^i\,dx^j$, est supposé *harmonique* (1) au point O (de coordonnées x_0^i), c'est-à-dire que l'équation de Laplace $\Delta_2 u = 0$ admet une solution $f(s)$ fonction seulement de s distance géodésique de O au point courant M (de coordonnées x^i). Alors $\Delta_2 s = -f''(s)/f'(s)$ ne dépend que de s, et, inversement, s'il en est ainsi, l'espèce est harmonique en O. D'après Ruse on a, lorsque *les g_{ij} sont continûment différentiables*,

$$f(s) = (-1)^n (n-2) \int_s^\alpha \frac{J}{\sqrt{gg_0}} \frac{ds}{s^{n-1}},$$

α étant une constante, g et J les déterminants

$$g = |g_{ij}|, \qquad J = \left| \frac{\partial^2 \frac{1}{2} s^2}{\partial x^i\, \partial x_0^j} \right|,$$

g_0 la valeur de g en O. Le produit $s^{n-2} f(s)$ est deux fois continûment différentiable, et égal à *un* pour s nul.

Théorème I. — *L'espace V_n harmonique en O étant continûment différentiable, $K(s)$ une fonction telle que, pour s assez petit,*

$$|sK(s)| < A|s|^\alpha, \qquad (A \text{ const.} > 0,\ \alpha \text{ const.} \gtreqless 0)$$

et $F(u)$ une fonction continue ayant une dérivée $F'(u)$, telle que, pour u assez grand positif,

$$\left|\frac{F(u)}{u}\right| < Bu^\beta, \qquad |F'(u)| < B'u^\beta \qquad (B \text{ et } B' \text{ const.} > 0),$$

β étant une constante telle que

$$\alpha \geqq \beta(n-2),$$

l'équation

$$\Delta_2 u = K(s)\,F(u) \tag{1}$$

admet une solution élémentaire ayant O pour point singulier et fonction de s seul.

Soit $h(s)$ cette solution supposée exister. On aura

$$\Delta_2 h = h'' - \frac{f''}{f'} h' = K(s)\,F[h(s)],$$

soit, en posant $h(s) = y(s) f(s)$,

$$\frac{f^2}{f'} y'' + \left(2f - \frac{f^2 f''}{f'^2}\right) y' = K(s)\,\frac{f^2(s)}{f'(s)} F[y(s) f(s)]. \tag{2}$$

(1) Voir A. Lichnerowicz, *Bull. Soc. Math. France*, **72**, 1944, pp. 146-168.

Cette équation admet au moins une solution telle que $y(O)=1$. En effet, en remarquant que le premier membre est une dérivée exacte, on a, si a est une constante,

$$y'(s)=\frac{f'(s)}{f^2(s)}\int_a^s K(t)\frac{f^2(t)}{f'(t)}F[y(t)f(t)]\,dt.$$

On intègre encore une fois, on échange l'ordre des intégrations par la formule de Dirichlet, on calcule la nouvelle constante par la condition $y(0)=1$, et l'on voit ainsi que, si $y(s)$ existe, c'est une solution de l'équation intégrale

$$y(s)=1+\int_0^a \frac{K(t)f(t)}{f'(t)}F[y(t)f(t)]H(s,t)\,dt, \tag{3}$$

avec $H(s,t)=[1/f(t)]$ si $t\leqq s$, et $=[1/f(s)]$ si $s\leqq t$. [La condition $\alpha\geqq\beta(n-2)$ entraîne que la quantité sous le signe $\int$ est bornée pour s et t petits.]

On montre que (3) admet une solution pour a assez petit, par la méthode des approximations successives. On part de $y_0(t_0)=1$ et l'on pose

$$y_n(s)=1+\int_0^a \frac{Kf}{f'}F(y_{n-1}f)\,H(s,t)\,dt. \tag{4}$$

La seule difficulté est de montrer que $y_n(s)$ est borné. On le fait en comparant (4) à la suite croissante

$$v_0=1,\qquad v_n=1+Cav_{n-1}^{\beta+1}\qquad (C\text{ const.}),$$

qui admet une limite, car $Cav^{\beta+1}-v+1=0$ admet toujours une racine supérieure à *un* pour a assez petit.

Un cas particulier intéressant du théorème I est celui où V_n est harmonique en chacun de ses points. On peut alors énoncer :

THÉORÈME II. — *L'équation*

$$\Delta_2 u=F(u), \tag{5}$$

où $F(u)$ *est une fonction continue ayant une dérivée* $F'(u)$ *telle que, pour* u *assez grand positif,*

$$\left|\frac{F(u)}{u}\right|<Bu^{\frac{1}{n-2}},\qquad |F'(u)|<B'u^{\frac{1}{n-2}}\qquad (B\text{ et }B'\text{ const.}>0),$$

admet, dans un espace complètement harmonique continûment différentiable et quel que soit le point O *de l'espace, une solution élémentaire ayant* O *pour point singulier.*

On peut interpréter ces résultats de façon un peu différente :

La condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (1) *dans les conditions du théorème* I *admette une solution ne dépendant que de s est que l'espace* V_n *soit harmonique en* O.

Dans le cas où $F(u)\equiv u$, les diverses équations obtenues sont linéaires et

d'étude directe un peu plus simple. En particulier, si $h(s)$ est une des solutions de (1), toutes celles qui ne dépendent que de s sont comprises dans la formule

$$\alpha h(s) + \beta h(s) \int_0^s \frac{f'(t)}{h^2(t)}\, dt,$$

où α et β sont deux constantes arbitraires.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Possibilité de superposition à la signalisation de sécurité par l'espace d'une signalisation régularisatrice par le temps.* Note [1] de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

La sécurité de la marche des trains de Chemin de fer est actuellemnt assurée au moyen du *Block System*, qui réalise ce que l'on a appelé l'espacement par la *distance*, par opposition à l'espacement par le *temps* antérieurement utilisé. C'est cependant l'espacement par le temps qui est naturellement imposé par les horaires ou les graphiques de Chemin de fer.

Quand deux trains se suivent, leur distance varie avec leurs vitesses et la signalisation de sécurité entre en action quand cette distance tombe au-dessous d'une valeur égale à la longueur de deux cantons successifs avec la signalisation à trois couleurs, à la longueur de trois cantons successifs avec la signalisation à quatre couleurs etc.

L'expérience et le calcul montrent que, si plusieurs trains se suivent à intervalles rapprochés, le fonctionnement de la signalisation entre les trains T_1 et T_2 peut avoir des répercussions sur la marche des trains T_3, T_4, T_5 ... du fait de la *cumulation* des retards imposés aux trains successifs par le jeu normal de la signalisation de sécurité. Cet effet est d'autant plus probable et gênant que le rapport entre la longueur des cantons et la distance normale d entre trains est plus grand et plus voisin de 1/2 avec la signalisation à trois couleurs, de 1/3 avec la signalisation à quatre couleurs etc.

Cet inconvénient peut être évité en superposant à la signalisation par la distance une signalisation régularisatrice par le temps, imposant entre les époques de passage en un point de deux trains successifs un intervalle de temps déterminé. Ce résultat pourrait être obtenu en munissant chaque signal d'un relais temporisé, à durée de temporisation τ réglable. Ce relais serait déclenché au moment t du passage de la tête d'un train devant le signal et serait en marche du temps t au temps $t+\tau$. Pendant toute cette période de temps, le feu du signal serait *clignotant* au lieu d'être fixe, et il ne deviendrait fixe qu'à partir du temps $t+\tau$.

Un mécanicien passant devant un signal saurait que le train qui le précède est passé là plus ou moins de τ minutes avant lui, suivant la nature du feu, clignotant ou fixe, et il pourrait régler l'allure de sa marche en conséquence.

[1] Séance du 9 otobre 1944.

En faisant correspondre aux intervalles de temps $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \ldots$ des fréquences $f_1, f_2, f_3 \ldots$ de clignotement différentes, il serait possible de donner au mécanicien des indications encore plus précises sur l'espacement en temps existant entre son train et celui qui le précède.

En réglant les durées τ de temporisation des signaux pour les cantons voisins des gares (où des accumulations de trains peuvent occasionnellement se produire), de manière à les faire croître de zéro à une valeur τ_m correspondant à l'espacement minimum du graphique, on arriverait à imposer un espacement régulier des trains en pleine voie sans retarder le dégagement de la gare; le nombre des signaux pour lesquels la durée de temporisation serait inférieure à τ_m serait choisi d'après la vitesse des trains et la nature de la ligne.

GÉODÉSIE. — *Sur un système d'altitudes dynamiques rectifiées.* Note de M. **Jean Vignal**, présentée par M. Georges Perrier.

Les diverses surfaces de niveau terrestres ne sont pas parallèles les unes aux autres, en raison des variations de la gravité g le long de l'une d'elles. Il en résulte, pour un polygone fermé nivelé sans erreur, un *écart de fermeture* souvent considérable, de nature à masquer complètement les erreurs des nivellements modernes.

Définition des altitudes orthométriques et dynamiques. — Cela oblige à préciser la notion d'altitude d'un point. On le fait habituellement de deux façons.

L'*altitude orthométrique* H d'un point A est sa hauteur Aa, comptée selon la verticale, au-dessus d'une *surface horizontale de référence* (d'altitude $H = 0$) arbitraire, et en général toujours choisie très voisine du niveau moyen de la mer.

L'*altitude dynamique* Z d'un point A est proportionnelle au travail effectué contre la pesanteur pour déplacer jusqu'au point A une masse unité, à partir d'un point O de la *surface horizontale de référence* précédente (d'altitude $Z = 0$). Ce travail a pour expression $\int_0^A g\,dh$, en appelant dh chaque élévation élémentaire brute, et g la gravité dans la région correspondante. Pour rendre l'altitude Z homogène à une longueur, et voisine de la notion habituelle d'altitude, on pose, $g_{0,50}$ étant une valeur moyenne de g,

$$Z = \frac{1}{g_{0,50}} \int_0^A g\,dh.$$

On appelle *corrections orthométrique ou dynamique* entre deux points *voisins* les corrections respectives à ajouter à leur différence de niveau brute Δh, pour obtenir leur différence d'altitudes orthométriques ΔH ou dynamiques ΔZ.

Critique des altitudes orthométriques et dynamiques. — Les altitudes orthométriques H sont telles qu'entre deux points *voisins*, leur différence ΔH coïncide

sensiblement avec la différence de niveau brute Δh mesurée. Mais elles ne sont pas *physiquement déterminables*, car elles dépendent des valeurs réelles g, inaccessibles, de la gravité au-dessous du sol, entre le sol et la surface de référence d'altitude nulle. Elles ne peuvent donc être qu'*approximatives*, déduites des valeurs approximatives g' de la gravité sur la Terre, fournies par une formule théorique, telle que celle de Clairaut et Bouguer. Il en résulte que les corrections orthométriques ne satisfont qu'imparfaitement à leur objet essentiel, qui est d'annuler l'écart de fermeture d'un polygone quelconque, nivelé sans erreur; et le résidu d'écart de fermeture qu'elles laissent subsister n'est pas négligeable.

Les *altitudes dynamiques correctes* Z sont physiquement déterminables, car elles peuvent être déduites des valeurs exactes g de la gravité mesurées le long des cheminements nivelés; elles correspondent à des corrections dynamiques exactes, qui annulent rigoureusement les écarts de fermeture précédents. Mais, entre deux points *voisins*, la différence d'altitudes dynamiques ΔZ peut s'écarter très sensiblement de la différence de niveau brute Δh mesurée, puisqu'on a par définition $\Delta Z = (g/g_{0,50})\Delta h$. L'écart relatif entre ΔZ et Δh, égal à l'écart relatif entre g et $g_{0,50}$, peut atteindre, sur de larges portions du globe, 2 ou 3/1000, et serait perceptible à des mesures même fort grossières.

Quant aux *altitudes dynamiques approximatives*, déduites des valeurs approximatives g' de la gravité fournies par une formule théorique, elles cumulent les deux inconvénients précédents.

Définition des altitudes dynamiques rectifiées. — On peut définir de la façon suivante des altitudes qui échappent à ces deux inconvénients, et que nous proposons d'appeler *altitudes dynamiques rectifiées* K.

On part des *altitudes dynamiques correctes* Z, obtenues comme il a été dit, à l'aide des différences de niveau brutes mesurées, et des valeurs exactes g de la gravité, déterminées le long des cheminements nivelés. Et les *altitudes dynamiques rectifiées* K sont les altitudes orthométriques H' qui correspondraient à ces mêmes altitudes dynamiques Z, sur un globe fictif où la gravité g' serait donnée par une formule théorique, telle que celle de Clairaut et Bouguer, représentant approximativement les variations de la gravité sur la Terre.

Critique des altitudes dynamiques rectifiées. — En premier lieu l'altitude dynamique rectifiée K est bien définie et physiquement déterminable en tout point du sol. Le long d'un polygone fermé quelconque, sa variation totale est nulle; par suite la correction dynamique rectifiée totale annule rigoureusement l'écart de fermeture du polygone, supposé nivelé sans erreur.

En second lieu, soient deux points *voisins*. Considérons, dans leur voisinage, les valeurs de la gravité vraie g et de la gravité approximative g' fournie par la formule théorique utilisée. On voit aisément que la différence ΔK de leurs altitudes dynamiques rectifiées est liée à leur différence de niveau brute mesurée Δh par la relation $\Delta K = (g/g')\Delta h$. Comme g s'écarte rarement de g'

de plus de 100 milligals, soit 1/10000 de g, l'écart relatif entre ΔK et Δh dépassera rarement 1/10000, en des régions localisées.

On peut même, pour améliorer l'accord, entre points voisins, de ΔK avec Δh, changer suivant la région la formule théorique utilisée de la gravité, à condition de maintenir la continuité, le long du sol, de la quantité $K - Z$.

Correction dynamique rectifiée. — Utilisons la valeur approximative g' de la gravité donnée par la formule de Clairaut et Bouguer

$$g' = g_{0,50}[1 - \alpha \cos 2\varphi - \beta H],$$

où φ représente la latitude, H l'altitude (sans qu'il soit utile de préciser de quelle altitude il s'agit), et où

$g_{0,50} = 980663$ gals, $\alpha = 2,64 \cdot 10^{-3}$, $\beta = 0,197 \cdot 10^{-6}$ (H étant exprimé en mètres).

On obtient sans peine les expressions suivantes de la correction dynamique rectifiée $C_K = \Delta K - \Delta h$ entre deux points voisins, et de la différence $K - Z$ en un point :

$$C_K = \Delta K - \Delta h = \frac{g - g'}{g_{0,50}} \Delta h - 2\alpha H \sin 2\varphi \, \Delta\varphi,$$

$$K - Z = \alpha H \cos 2\varphi + \beta \frac{H^2}{2}.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les corpuscules de spin* 0.
Note de M. **Gérard Petiau**.

I. *Représentation des corpuscules de spin* 0. — *a*. Le corpuscule de spin 0 du premier type (mésoton scalaire) est représenté par les cinq fonctions d'ondes ψ_0, ψ_μ ($\mu = 1, 2, 3, 4$) ayant les caractères tensoriels d'un invariant et d'un vecteur, satisfaisant aux équations

$$\partial_t \psi_0 = i k_0 \psi_4; \qquad \partial_p \psi_0 = i k_0 \psi_p; \qquad \partial_t \psi_4 = \Sigma_p \partial_p \psi_p + i k_0 \psi_0,$$

$$\left(k_0 = \frac{2\pi}{h} m_0 c; \qquad g_{pp} = -1, \qquad g_{44} = +1, \qquad g_{p4} = g_{pq} = 0 \right).$$

Ce système s'écrit encore en notations matricielles

$$(1) \qquad \partial_t (e_{04} + e_{40}) \psi = [\Sigma_p \partial_p (e_{0p} + e_{p0}) + i k_0 (e_{00} + e_{44} - \Sigma_p e_{pp})] \psi,$$

et par suite le corpuscule est caractérisé par cinq grandeurs : un invariant I, deux vecteurs A_μ et S_μ, un tenseur symétrique du second ordre $T_{\mu,\nu}$, un tenseur antisymétrique du second ordre $F_{\mu\nu}$, dont les densités de valeur moyennes se calculent au moyen des matrices

$$I = e_{00} + e_{44} - \Sigma_p e_{pp}; \qquad A_\mu = e_{0\mu} + e_{\mu 0}; \qquad S_\mu = i(e_{0\mu} - e_{\mu 0});$$
$$T_{\mu,\nu} = e_{\mu\nu} + e_{\nu\mu} + g_{\mu\nu}(e_{00} + \Sigma_p e_{pp} - e_{44}); \qquad F_{\mu\nu} = i(e_{\mu\nu} - e_{\nu\mu}).$$

En normant par $\int_v \psi^* A_4 \psi \, dv = 1$, l'équation (1) admet les solutions ondes planes monochromatiques

$$\psi_0 = \frac{k_0}{\sqrt{2 k k_0 v}} e^{i k_\mu x^\mu}, \qquad \psi_\mu = \frac{k_\mu}{\sqrt{2 k k_0 v}} e^{i k_\mu x^\mu}.$$

D'autre part, $\psi^{(l)}$ et $\psi^{(m)}$ désignant deux états d'ondes planes, l'équation (1) entraîne les relations

$$\partial_\mu[\psi^{(m)*}A^\mu\psi^{(l)}]=0, \qquad \partial_\mu[\psi^{(m)*}T^{\mu,\nu}\psi^{(l)}]=0.$$

b. Le corpuscule de spin 0 de type N est représenté par un invariant ψ_0 et n tenseurs symétriques d'ordres 1, 2, ..., n, ψ_{μ_1}, ψ_{μ_1,μ_2}, $\psi_{\mu_1,\ldots,\mu_r}$, $\psi_{\mu_1,\mu_2,\ldots,\mu_n}$ liés par les relations $\psi_{\mu_1,\ldots,\mu_r}{}^{\mu_r}=\psi_{\mu_1,\ldots,\mu_{r-2}}$, $\psi_{\mu_1}{}^{\mu_1}=\psi_0$ et solutions des équations

$$\partial_{\mu_r}\psi_{\mu_1,\ldots,\mu_{r-1}}=ik_0\psi_{\mu_1,\ldots,\mu_{r-1},\mu_r}; \qquad \partial_{\mu_r}\psi^{\mu_1,\ldots,\mu_r}=ik_0\psi^{\mu_1,\ldots,\mu_{r-1}};$$
$$\partial_{\mu_1}\psi_0=ik_0\psi_{\mu_1}; \quad \partial_{\mu_1}\psi^{\mu_1}=ik_0\psi_0 \qquad (r=1, 2, \ldots, n).$$

En normant les fonctions d'ondes par

$$\int_v\left[\psi_0^*\psi_4+\psi_4^*\psi_0+\sum_{r=1}^{n=1}(\psi^*_{\mu_1,\ldots,\mu_{r4}}\psi^{\mu_1,\ldots,\mu_r}+\psi^{*\mu_1,\ldots,\mu_r}\psi_{\mu_1,\ldots,\mu_{r4}})\right]dv=1,$$

ces équations admettent les solutions ondes planes monochromatiques

$$\psi_0=\frac{k_0}{\sqrt{2nkk_0v}}e^{ik_\mu x^\mu}; \qquad \psi_\mu=\frac{k_\mu e^{ik_\mu x^\mu}}{\sqrt{2nkk_0v}}; \qquad \psi^{\mu_1,\mu_2,\ldots,\mu_r}=\frac{k_{\mu_1}k_{\mu_2}\ldots k_{\mu_r}}{k_0^{r-1}\sqrt{2nkk_0v}}e^{ik_\mu x^\mu}.$$

II. *Interactions entre corpuscules de spin* 0 *du premier type*. — *a*. Interactions s'exerçant par l'intermédiaire d'un champ de corpuscules de spin 0 du premier type.

Le potentiel d'interaction entre le champ et une particule est de la forme $H_a^{(1)}=g_a I\psi_0+f_a A_\mu\psi^\mu$.

Par un calcul analogue à celui effectué dans le cas des interactions entre particules de spin $(1/2)(h/2\pi)$, on trouve pour élément de matrice correspondant à l'échange de la quantité de mouvement $\vec{k}$ entre deux corpuscules passant de l'état (01) à l'état (1) et de l'état (02) à l'état (2)

$$(2)\qquad H_a^{(1)}=-\frac{g_a^2}{v}\frac{(I)_{1,01}(I)_{2,02}}{k^2}-\frac{f_a^2}{v}\left[\frac{(A_4)_{1,01}(A_4)_{2,02}}{k_0^2}+\frac{(A_pk^p)_{1,01}(A_pk^p)_{2,02}}{k_0^2k^2}\right],$$

correspondant au potentiel

$$(3)\ V_a(r)=-\frac{g_a^2(I)_{1,01}(I)_{2,02}e^{-k_0|\vec{r}|}}{4\pi|\vec{r}|}-\frac{f_a^2(A_4)_{1,01}(A_4)_{2,02}\delta(|\vec{r}|)}{k_0^2}-\frac{f_a^2(\vec{A}\,\overrightarrow{\text{grad}})_{1,01}(\vec{A}\,\text{grad})_{2,02}}{k_0^2}\frac{e^{-k_0|\vec{r}|}}{4\pi|\vec{r}|}.$$

b. Interactions s'exerçant par l'intermédiaire d'un champ de corpuscules de spin 0 de seconde espèce.

L'opérateur d'interaction s'écrit $H_b^{(1)}=g_bI\psi_0+f_bA_\mu\psi^\mu+h_bT_{\mu,\nu}\psi_{\mu,\nu}$.

Les termes en g_b et f_b redonnent l'élément de matrice (2) et par suite le potentiel (3). Le terme en h_b donne un élément de matrice contenant des termes, en k^2, indépendants de k^2, et en $1/k^2$. Ces derniers s'écrivent

$$H_c^{(1)}=-\frac{h_b^2}{v}\frac{(\Sigma_{p,q}T_{p,q}k_pk_q)_{1,01}(\Sigma_{p,q}T_{p,q}k_pk_q)_{2,02}}{k_0^4k^2}.$$

Le potentiel correspondant $V(|\vec{r}|)$ comprendra donc des termes en $\delta'(|\vec{r}|)$, $\delta(|\vec{r}|)$ et un terme

$$V_b(r) = -h_c^2 \frac{(\Sigma_{p,q} T_{p,q} \operatorname{grad}_p \operatorname{grad}_q)_{1,01} (\Sigma_{p,q} T_{p,q} \operatorname{grad}_p \operatorname{grad}_q)_{2,02}}{k_0^4} \frac{e^{-k_0|\vec{r}|}}{4\pi|\vec{r}|}.$$

c. Interactions s'exerçant par l'intermédiaire d'un champ de corpuscules de spin $h/2\pi$, $(\Phi_\mu, \Phi[\mu\nu])$.

On a $H_c^{(1)} = g_c A_\mu \Phi^\mu + f_c F_{\mu\nu} \Phi^{[\mu\nu]}$, mais on voit facilement que la valeur moyenne de $F_{\mu\nu}$ est nulle, et par suite l'interaction provenant du terme en f_c sera négligeable. Le terme restant donne l'élément de matrice

$$H_c^{(1)} = \frac{g_c^2}{\varphi} \left[\frac{(A_\mu)_{1,01}(A^\mu)_{2,02}}{k^2} - \frac{(A_4)_{1,01}(A_4)_{2,02}}{k_0^2} - \frac{(\vec{A}\vec{k})_{1,01}(\vec{A}\vec{k})_{2,02}}{k_0^2 k^2} \right]$$

correspondant au potentiel

$$V_c(r) = g_c^2 \left[\frac{(A_\mu)_{1,01}(A^\mu)_{2,02}}{4\pi|\vec{r}|} e^{-k_0|\vec{r}|} - \frac{(A_4)_{1,01}(A_4)_{2,02}}{k_0^2} \delta(|\vec{r}|) + (\vec{A}\,\overrightarrow{\operatorname{grad}})_{1,01} (\vec{A}\,\overrightarrow{\operatorname{grad}})_{2,02} \frac{e^{-k_0|\vec{r}|}}{4\pi|\vec{r}|} \right].$$

d. Interactions s'exerçant par l'intermédiaire d'un champ de corpuscules de spin $2(h/2\pi)(\Phi_{\mu,\nu}, \Phi_{[\mu\nu],\rho}, \Phi_{[\mu\nu],[\rho\sigma]}$.

On a $H_d^{(1)} = g_d T_{\mu,\nu} \Phi^{\mu,\nu}$, d'où l'élément de matrice

$$H_d^{(1)} = -\frac{g_d^2}{\varphi} \frac{(T_{\mu_1,\mu_2})_{1,01}(T^{\mu_1,\mu_2})_{2,02}}{k^2}.$$

correspondant au potentiel

$$V_d(r) = -g_d^2 (T_{\mu_1,\mu_2})_{1,01} (T^{\mu_1,\mu_2})_{2,02} \frac{e^{-k_0|\vec{r}|}}{4\pi|\vec{r}|}.$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Nouveaux enregistreurs statistiques de perturbations électromagnétiques*. Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons rappelé ([1]) le principe des méthodes du condensateur (Curtiss, Watson-Watt) et du radiocinémographe (R. Bureau) couramment appliquées à l'enregistrement des perturbations électromagnétiques, et nous avons proposé une méthode nouvelle basée sur l'emploi d'enregistreurs à constantes de temps multiples.

La présente Note se rapporte aux nouveaux enregistreurs statistiques, à inscription mécanique, basés sur le principe exposé antérieurement. Ces appareils, soumis à l'action d'une différence de potentiel $f(t)$, donnent un

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1029.

enregistrement de la forme

$$\theta = \frac{\Phi_0}{B_1} e^{-\alpha t} \int e^{\alpha t} f(t)\, dt + P\, e^{-\alpha t} \qquad \left(\alpha = \frac{1}{\tau}\right),$$

τ est la constante de temps principale (égale au rapport du coefficient d'amortissement B_1 au couple directeur par radian B_0), grande devant l'intervalle de temps σ séparant deux perturbations successives à la sortie du récepteur; la constante de temps secondaire est négligeable devant la constante de temps principale.

Si $f(t)$ représente, par exemple, une série de perturbations amorties $I_0\, e^{-\gamma t}$, correspondant chacune au passage dans l'enregistreur d'une quantité d'électricité $q_0 = I_0 \tau_0$ (avec $\tau_0 = 1/\gamma$) et se succédant à la fréquence de n par seconde, la courbe enregistrée est une série d'oscillations autour d'une ordonnée moyenne

$$\theta_0 = \frac{\Phi_0}{B_0}(n q_0),$$

proportionnelle à la quantité d'électricité traversant l'appareil par unité de temps. L'amplitude relative des oscillations est, en supposant $\tau_0 \ll \sigma \ll \tau$, égale à

$$\frac{\Delta\theta_0}{\theta_0} = \alpha\sigma = \frac{1}{n\tau},$$

c'est-à-dire égale à l'inverse du produit de la fréquence des perturbations par la constante de temps principale.

L'enregistreur comporte généralement trois éléments identiques pour inscrire les perturbations sur trois longueurs d'onde ou pour enregistrer trois composantes d'un champ électromagnétique. Chaque élément est composé d'un cadre mobile, suspendu par un fil d'acier, parcouru par le courant à enregistrer; ce cadre se déplace dans l'entrefer d'un aimant ou d'un électroaimant. L'équipage mobile comprend, outre le cadre et le porte-style, un dispositif amortisseur à huile produisant un couple d'amortissement prépondérant par rapport aux autres couples passifs auxquels est soumis l'équipage.

L'appareil est caractérisé par une constante de temps principale τ et une constante de temps secondaire τ_s très petite devant la précédente et égale au rapport du moment d'inertie B_2 de l'équipage mobile au coefficient d'amortissement B_1. Ces deux constantes de temps sont liées par la relation $T = 2\pi\sqrt{\tau\tau_s}$, T étant la période propre des oscillations de l'équipage. La constante de temps principale peut atteindre plusieurs centaines de secondes; il existe toutefois une limite supérieure au delà de laquelle la stabilité de l'équilibre du système mobile devient précaire.

La réalisation la plus simple du dispositif d'inscription, à coordonnées cartésiennes quasi rectilignes, implique une distance d du style à l'axe assez grande, et le tracé de la courbe est affecté d'un angle d'incertitude [2] dont la limite

---

[2] A. BLONDEL et F. CARBENAY, *Comptes rendus*, **161**, 1915, p. 546.

supérieure ε est égale au quotient du couple de frottement $D = fd$ (f, force de frottement style-papier) par le couple directeur par radian B_0; $\varepsilon = \pm (D/B_0)$.

La sensibilité statique *linéaire* de l'enregistreur, rapport de l'ordonnée y mesurée sur le diagramme à l'intensité i du courant correspondant, est égale au produit du flux maximum Φ_0 embrassé par le cadre par le rapport de l'angle limite d'incertitude ε à la force de frottement f du style sur le papier

$$\frac{y}{i} = \Phi_0 \frac{d}{B_0} = \Phi_0 \frac{\varepsilon}{f}.$$

La comparaison d'enregistreurs semblables montre que, pour des cadres mobiles de même résistance et pour une même surélévation de température du circuit d'excitation de l'électroaimant, le rapport des sensibilités statiques linéaires est égal au cube du rapport des dimensions linéaires, c'est-à-dire approximativement au rapport des poids des appareils.

Un petit électroaimant alimenté par un courant périodique (secteur, par exemple) fait vibrer la tige métallique portant à une extrémité le style inscripteur, qui est écarté périodiquement du papier. La force de frottement est ainsi réduite, sans affecter le tracé de la courbe, dans un rapport de 4 ou 5, ce qui permet de diminuer dans le même rapport tous les couples, actif et passifs, auxquels est soumis l'équipage mobile, et par suite d'obtenir une sensibilité statique linéaire de *un millimètre par microampère*, avec un enregistreur ayant les caractéristiques suivantes :

Couple directeur par radian, $B_0 = 0,6.10^6$ C. G. S.; Flux, $\Phi_0 = 1,14.10^{10}$ maxwells;
Résistance du cadre mobile, $R = 15500$ ohms; Période propre, $T = 17$ secondes.

ÉLECTRONIQUE. — *Moyen simple d'observation d'images électroniques.* Note de M. **Stanislas Goldsztaub**, présentée par M. Charles Fabry.

Les images électroniques qui se forment dans les différents appareils utilisant de faisceaux électroniques peuvent être mises en évidence soit par des écrans fluorescents, soit par des plaques ou papiers photographiques.

Une autre méthode, employée pour l'examen des foyers des tubes à rayons X, consiste à utiliser les rayons X émis sous l'effet des électrons par l'anticathode pour former une image de cette source de rayons X sur une plaque photographique placée à l'extérieur du tube. Cette image est obtenue, à défaut d'optique pour rayons X, par un petit trou percé dans un écran.

Les deux premières méthodes présentent les inconvénients suivants :

1° les écrans et les émulsions supportent mal les densités électroniques élevées comme celles des foyers des tubes à rayons X par exemple;

2° l'écran ou la surface sensible étant placé dans le vide à l'intérieur de l'appareil, il est nécessaire de démonter l'appareil pour les remplacer.

Quant à la troisième méthode, son pouvoir séparateur étant de l'ordre du diamètre du trou, elle exige des temps d'exposition prohibitifs toutes les fois qu'on examine des images électroniques petites.

Le moyen simple d'observation décrit dans cette Note permet d'observer soit directement, soit par photographie, des images électroniques intenses. La qualité des images est en général suffisante, le pouvoir séparateur étant de l'ordre de $0^{mm},1$. De plus le papier photographique, étant à l'extérieur de l'appareil, est facile à changer.

Il suffit en effet de faire tomber les électrons sur une anticathode plane très mince et d'observer par transmission les rayons X émis, soit en recouvrant la face externe de l'anticathode de substance fluorescente, soit en y appliquant un papier photographique. J'ai appliqué ce procédé à l'examen soit des images réduites d'un diaphragme limitant un pinceau d'électrons, soit de l'image agrandie de l'ombre d'une toile métallique éclairée par un faisceau d'électrons. Dans les deux cas ces images étaient données par une lentille électromagnétique cuirassée.

Pour se rendre compte du pouvoir séparateur, on calcule l'éclairement E produit en un point M de la face externe d'une anticathode lamellaire par un point X de l'image électronique formée sur sa face interne

$$E = \frac{J\, e^{-\mu d} \cos i}{d^2},$$

expression dans laquelle J est l'intensité de la source, μ le coefficient d'absorption linéaire de l'anticathode, i l'angle d'incidence du rayon IM avec le plan éclairé et d l'épaisseur de l'anticathode.

Deux points voisins de l'image électronique vont produire un éclairement qui sera la somme des éclairements donnés par chaque point, et le pouvoir séparateur sera la plus petite distance de ces deux points produisant un éclairement présentant deux maxima distincts.

Dans le cas étudié l'anticathode était en cuivre de $0^{mm},1$ d'épaisseur. Les électrons de 24 kV excitaient le rayonnement K du cuivre, pour lequel $\mu = 464$, et le pouvoir séparateur calculé de l'ordre de $0^{mm},1$.

Tel que, ce procédé d'observation peut rendre des services, mais il présente l'inconvénient d'avoir un pouvoir séparateur inférieur à celui de la plaque photographique et de ne pas permettre d'obtenir des images de grande dimension; en effet l'anticathode mince est soumise à la pression atmosphérique et il est difficile de dépasser les dimensions de 2 ou 3^{cm} de diamètre. Il est possible toutefois d'obtenir des images nettement plus grandes en s'inspirant de la technique utilisée pour la construction des fenêtres de Lenard, en faisant supporter la lame par une grille métallique convenable. Ce procédé joindrait ainsi à l'avantage d'avoir de grandes images la possibilité d'utiliser des lames plus minces, ce qui augmenterait à la fois le pouvoir séparateur et la rapidité des prises de vue en diminuant l'absorption.

RAYONS X. — *Étude aux rayons X de certains caoutchoucs de synthèse : cas des polychloroprènes*. Note ([1]) de MM. **Henri Fournier** et **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les caoutchoucs synthétiques obtenus à partir de l'isoprène ou d'autres hydrocarbures non saturés ont été étudiés par divers auteurs (Carothers, Katz, Meyer, Sebrell et Dinsmore) au moyen des rayons X. En général, ces produits se différencient nettement du caoutchouc naturel en ce sens qu'à l'état étiré, ils ne fournissent pas de diagrammes de fibre; cependant le μ-polychloroprène $CH^2{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}{-}CH{=}CH^2$ (néoprène), étiré aux environs de 500 %, donne un diagramme de fibre assez diffus, avec une période d'identité de 4,8 Å correspondant à la longueur d'une unité chloroprène sous la forme *trans*. Nous avons vérifié ce fait et trouvé en outre que le chauffage préalable du néoprène facilitait le processus d'orientation par traction.

Nous avons repris ces recherches avec un produit non encore étudié, le chloroisoprène

$$-CH^2-\vdots-CH^2-\underset{Cl}{\underset{|}{C}}{=}\underset{CH^3}{\underset{|}{C}}-CH^2-\vdots-CH^2-\underset{Cl}{\underset{|}{C}}{=}\underset{CH^3}{\underset{|}{C}}-CH^2-\vdots-CH^2-,$$
$$\xleftrightarrow{\quad a \quad}$$

qui présente également des propriétés élastiques et est susceptible de subir la vulcanisation en présence d'oxydes métalliques (MgO, ZnO, CdO, HgO etc.). Notre but était de chercher à apporter quelques éclaircissements, d'une part sur la structure moléculaire de ce corps, et d'autre part sur le mécanisme de la vulcanisation.

A l'état pur et non étiré, le chloroisoprène est amorphe (3 halos); étiré, il donne lieu à un diagramme de fibre, différent de celui du néoprène. La période d'identité suivant l'axe de fibre est égale à $a = 4{,}4$ Å correspondant à un groupe chloroisoprène; mais, seuls, les échantillons chauffés au préalable vers 140° donnent lieu à ce phénomène d'orientation et d'alignement des chaînes par traction. Il y a donc lieu de supposer que l'action de la chaleur a pour effet de modifier la structure (peut-être par dépolymérisation et départ de Cl) en permettant une régularisation des liaisons et par suite un meilleur alignement lors de la traction.

Le chloroisoprène ne prend des propriétés élastiques intéressantes qu'après incorporation d'oxydes métalliques et chauffage, ce qui correspond à ce que l'on pourrait appeler une *vulcanisation*. D'une façon générale, la présence de ces charges diminue l'effet d'orientation par traction après chauffage, ce qui

---

([1]) Séance du 23 octobre 1944.

semble indiquer, comme pour le cas caoutchouc-soufre, la formation de liaisons latérales ou *ponts*. Il nous a toutefois été possible de préciser le mécanisme de cette vulcanisation.

En effet certains oxydes, HgO, CdO, PbO et peut-être ZnO, donnent lieu après chauffage du produit à des diagrammes où l'on trouve, outre l'hydrocarbure chloré non modifié, des anneaux nouveaux, d'origine cristalline et qui n'existent pas dans le mélange non chauffé. La présence de ces anneaux démontre l'apparition de composés cristallins formés au cours de la vulcanisation, et qui diffèrent suivant la charge. En particulier, avec l'oxyde HgO, il a été possible d'identifier avec certitude le composé formé comme étant le chlorure HgCl, et non, comme on aurait pu s'y attendre, le chlorure $HgCl^2$. Pour PbO, CdO, l'identification du produit n'a pas été possible d'une façon précise, mais le dégagement d'oxygène qui accompagne la combinaison de l'oxyde avec les atomes de Cl du chloroisoprène peut donner naissance à des oxydes non identifiés aux rayons X et qui proviendraient également de la liaison chlore-métal.

De toutes façons ces diagrammes prouvent qu'il y a réaction entre l'oxyde et le composé organique, celle-ci étant particulièrement nette dans le cas de HgO, où la réaction peut s'écrire

$$+\begin{array}{c} -\mathrm{C}= \\ | \\ \mathrm{Cl} \\ \mathrm{HgO} \\ \mathrm{HgO} \\ \mathrm{Cl} \\ | \\ -\mathrm{C}= \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} -\mathrm{C}= \\ | \\ \mathrm{O} \\ | \\ \mathrm{O} \\ | \\ -\mathrm{C}= \end{array} + 2\,\mathrm{HgCl}.$$

Ainsi la vulcanisation a pour effet de relier latéralement entre elles les chaînes de valences principales, par l'intermédiaire de deux atomes d'oxygène. D'ailleurs ces *ponts* se forment irrégulièrement le long des chaînes et, de plus, les atomes d'oxygène sont peu liés, d'où le dégagement de ce gaz observé au cours du chauffage.

Il est intéressant de remarquer que c'est la première fois que les rayons X permettent d'apporter un renseignement précis sur le mécanisme de la vulcanisation des caoutchoucs synthétiques.

Dans le cas du néoprène, les résultats sont beaucoup moins nets; le fait cependant que les anneaux de diffraction fournis par les oxydes métalliques contenus dans le mélange sont beaucoup moins intenses après chauffage, est de nature à confirmer qu'il y a bien combinaison, la partie combinée ne se manifestant plus aux rayons X; aucun composé nouveau n'apparaît, mais ceci peut être dû simplement au manque de sensibilité de l'analyse aux rayons X pour des quantités trop faibles de matière.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur le calcul des montages oscillateurs utilisant une lampe à trois électrodes*. Note de M. **Jean Queffelec**, présentée par M. Camille Gutton.

1. Parmi les procédés utilisés pour obtenir des courants électriques alternatifs de fréquences diverses, les montages utilisant les lampes à trois électrodes tiennent sans conteste la première place aujourd'hui. Or il n'existe pas de méthode de calcul complète pour ces montages. Les traités de radioélectricité n'indiquent pas de formule simple permettant la détermination de l'amplitude des oscillations électriques.

2. L'admission de quelques hypothèses légitimes permet de combler cette lacune.

Ces hypothèses sont les suivantes :

a. Éloignement de la saturation pendant le fonctionnement de la lampe à trois électrodes en oscillatrice. Cette hypothèse est justifiée par l'usage actuel de lampes à cathode thoriée ou *à oxydes* dont l'émission électronique est surabondante.

b. Tracé rectiligne des caractéristiques, permettant l'utilisation des formules

$$(1)\qquad \begin{cases} R_i \times i_p = v_p + \mu v_g + v_0, & \text{si } v_p + \mu v_g + v_0 \geqq 0, \\ R_i \times i_p = 0, & \text{si } v_p + \mu v_g + U_0 \leqq 0. \end{cases}$$

c. Action du courant filament-grille, négligeable.

3. Il suffit de considérer que la lampe oscillatrice *amplifie* la tension alternative de grille, pendant que cette tension est régénérée par le couplage qui existe entre le circuit de plaque et le circuit de grille.

Puisque nous supposons *a priori* que la saturation n'est pas atteinte, nous devons admettre que l'amortissement nécessaire à la limitation de l'amplitude des oscillations est provoqué par la cessation périodique du courant-plaque. L'oscillatrice travaille donc en classe C, ou plus exactement en classe C généralisée.

Si T est la période, le temps de passage du courant-plaque peut s'écrire $(2\theta/2\pi)T$, θ étant l'angle d'ouverture du courant-plaque.

L'amplification obtenue est donnée par

$$(2)\qquad \frac{V_p}{V_g} = \frac{\mu}{1 + \dfrac{\mu}{\theta - \sin\theta\cos\theta}\dfrac{R_i}{R_p}}.$$

4. Or l'examen du couplage entre circuits de grille et de plaque permet de déterminer la valeur que doit prendre V_p/V_g quand les circuits sont parcourus par des courants de pulsation égale à celle produite par l'oscillateur.

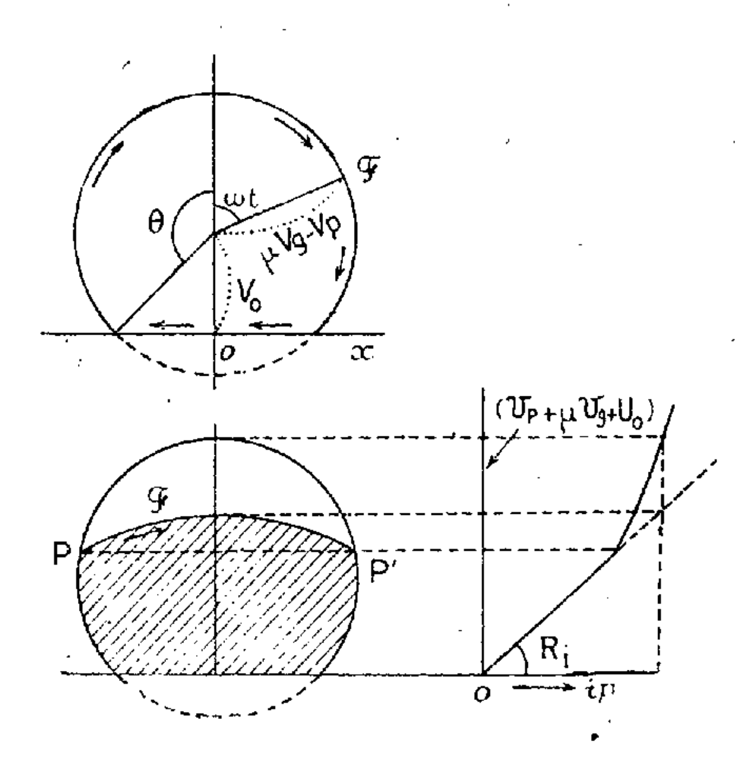
L'équation (2) est donc susceptible de nous donner l'angle θ et l'équation

$$(3)\qquad \cos\theta = \frac{V_0}{\mu V_g - V_p}$$

nous permet alors de calculer V_p. *Le problème est ainsi théoriquement résolu.*

5. L'examen des résultats obtenus montre que l'oscillateur à polarisation constante de grille se tient difficilement éloigné de la saturation, de telle sorte que pour un tel oscillateur, l'étude de l'action produite par la saturation est nécessaire.

6. Cette étude est facilitée par l'usage d'une représentation géométrique.



Si nous écrivons la tension alternative de grille sous la forme $-V_{g_0}+V_g \cos\omega t$, la tension alternative recueillie sur la plaque est de la forme $V_{p_0}-V_p \cos\omega t$, de telle sorte que les formules (1) s'écrivent, en posant $V_0=V_{p_0}-\mu V_{g_0}+U_0$,

$$(4)\qquad \begin{cases} R_i \times i_p = V_0 + (\mu V_g - V_p)\cos\omega t, & \text{si } V_0 + (\mu V_g - V_p)\cos\omega t \geqq 0, \\ R_i \times i_p = 0, & \text{si } V_0 + (\mu V_g - V_p)\cos\omega t \leqq 0; \end{cases}$$

$R_i \times i_p$ est dans ces conditions égal à l'ordonnée d'un point $\mathcal{F}$ qui décrit une courbe constituée par un arc de cercle et sa corde.

Si S est la valeur de l'aire limitée par la courbe, la composante fondamentale du courant-plaque a pour expression

$$I_p = \frac{S}{\pi \times RL(\mu V_g - V_p)}.$$

Cette formule s'étend sans peine au cas où il y a saturation.

Une construction géométrique simple montre qu'entre les points P et P' où la saturation agit, le point $\mathcal{F}$ quitte l'arc de cercle pour suivre un arc de courbe plus tendu que l'on construit sans difficultés.

7. La polarisation automatique de grille par capacité et résistance dote en quelque sorte le montage d'un limiteur de tension qui permet aux lampes de se tenir éloignées de la saturation. *La prédétermination des éléments d'un oscillateur à polarisation automatique de grille a donc une réelle signification pratique.*

Cette prédétermination s'effectue aisément à l'aide d'abaques dont la construction est très simple.

	Notations.	
	Grille.	Plaque.
Tension instantanée	v_g	v_p
Composante continue de la tension	$-V_{g_0}$	$-V_{p_0}$
Composante alternative fondamentale de la tension	V_g	$-V_p$
Intensité instantanée du courant	–	i_p

Résistance intérieure de la lampe, R_i; constante homogène à une tension, U_0; coéfficient d'amplification, μ.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *La mesure directe du facteur d'absorption des verres d'optique*. Note de M. **André Maréchal**, présentée par M. Charles Fabry.

Pour connaître l'absorption propre d'un verre d'optique, on mesure généralement le facteur de transmission globale d'une lame à faces parallèles, puis le facteur de réflexion des faces; on en déduit facilement la proportion de lumière absorbée dans la masse du verre. On peut aussi comparer les facteurs de transmission de deux échantillons d'épaisseurs différentes, à condition que le facteur de réflexion soit le même pour les deux échantillons. Cependant ces méthodes procèdent par différence et leur précision est médiocre. Nous allons montrer que l'on peut mesurer directement le facteur d'absorption correspondant à une épaisseur de verre égale au double de celle de l'échantillon et améliorer ainsi la précision des mesures.

Appelons facteur de transparence le rapport K du flux lumineux qui parvient à la face de sortie au flux qui a pénétré dans le verre. Plaçons sur le trajet d'un faisceau de lumière parallèle un miroir de pouvoir réflecteur ρ, voisin de l'unité, utilisé sous l'incidence quasi normale et mesurons (par exemple à l'aide d'une photopile) le flux lumineux réfléchi par le miroir. Soit α la déviation obtenue au galvanomètre. Interposons maintenant l'échantillon d'épaisseur e, de façon que ses faces soient parallèles au miroir et qu'il soit traversé par le faisceau avant et après réflexion. Soit β la déviation obtenue. Des réflexions multiples prennent naissance, mais nous pouvons constater que tous les faisceaux réfléchis par les faces de la lame finissent par atteindre le récepteur; si nous prenons $1-\rho$, $1-k$ et le facteur de réflexion r d'une face de l'échantillon pour infiniment petits du premier ordre, il est évident qu'à des infiniment petits du deuxième ordre près le rapport β/α représente le facteur de transparence correspondant à l'épaisseur $2e$: on ne peut en effet attribuer la perte de flux lumineux qu'à l'absorption propre du verre au cours des deux traversées successives de la lame; on écrira donc

$$K^2 = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Il y a lieu cependant d'exécuter le calcul rigoureux du flux qui vient impressionner le récepteur. On trouve que la relation précédente doit être affectée de

termes correctifs qui ne sont supérieurs à 1 % que si le facteur de transparence devient inférieur à 0,85. Ces corrections sont d'ailleurs faciles à appliquer.

La précision obtenue par cette méthode est satisfaisante, puisqu'en utilisant des lames de 10^{cm}, on obtient immédiatement l'absorption correspondant à 20^{cm} de verre.

Enfin il est facile de mesurer sur le même appareil le facteur de réflexion globale R et le facteur de transmission T de l'échantillon. Avec les mêmes approximations que précédemment, on peut alors vérifier que la somme des facteurs de réflexion, de transmission et d'absorption (I — K) est égale à l'unité, ou encore que l'on a

$$T + R = K.$$

Cette vérification est très précieuse pour contrôler les mesures effectuées. (On doit appliquer des termes correctifs à cette relation si l'absorption devient importante).

On a réalisé un appareil muni d'un monochromateur à autocollimation qui permet d'effectuer les mesures précédentes en lumière monochromatique dans l'étendue du spectre visible.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Radicaux libres dans le méthane soumis à la décharge électrique.* Note de MM. **Maurice Letort** et **Xavier Duval**, présentée par M. Jacques Duclaux.

1. L'expérience qui consiste à soumettre un gaz organique à la décharge électrique et à rechercher par la méthode des miroirs (Paneth) les radicaux éventuellement formés, n'a donné lieu qu'à deux publications [1], [2], dans lesquelles le cas du méthane n'a pas été étudié. Lacune regrettable, car les réactions du méthane dans la décharge sont d'une grande importance pratique, spécialement pour l'étude du mécanisme de la combustion des mélanges grisouteux provoquée par l'étincelle [3]. L'expérience a été faite sur l'éthane [2] et, dans ce cas, on n'a pas observé de dissolution des miroirs (Sb). Est-ce dire, par analogie, que la méthode de Paneth échouerait à déceler des radicaux libres dans le méthane soumis à la décharge, alors que la cinétique des réactions de ce corps admet fondamentalement l'existence de *chaînes* entraînées par des radicaux ? Nous résumerons ici un travail qui se propose de répondre à cette question; tous les détails seront publiés autre part [4].

---

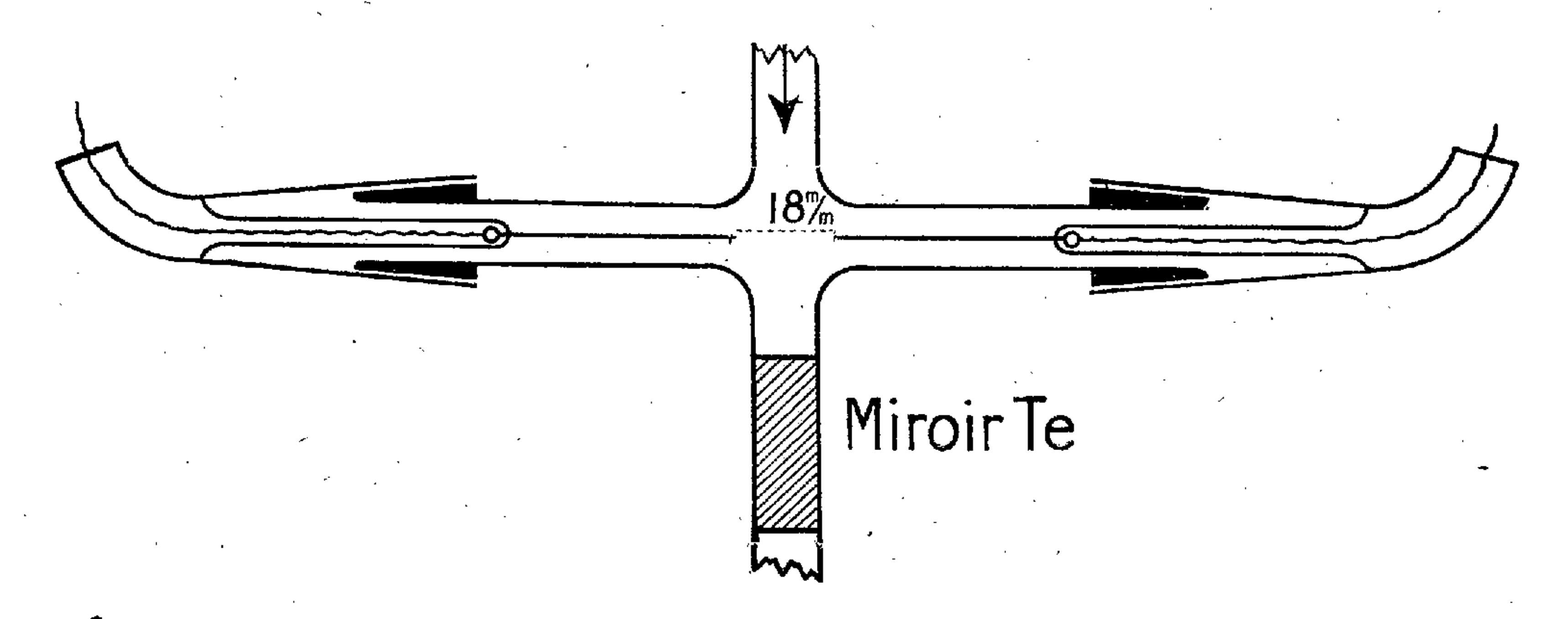
(1) F. O. Rice et Whaley, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1311.

(2) Balandin et Lieberman, Moscou, 1934; cf. *Chem. Zent.*, II, 1935, p. 1525.

(3) E. Audibert, *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 348 et 449; *Ann. Mines*, 2e livraison, 1943, p. 5.

(4) M. Letort et X. Duval, *Ann. Mines*, 1944 (sous presse).

2. La figure représente la partie essentielle de l'appareil employé. Un courant de méthane très pur circule, sous une pression de 0,2 à 1 mm/Hg et dans le sens de la flèche, à travers un tube de verre. Il passe entre les extrémités de



deux fils de platine soumis à une tension qui correspond à l'éclatement de l'étincelle, dans l'air ambiant, pour un écartement de 2^{cm} des pointes. Pendant l'expérience ce tube à décharge reste froid (moins de 40° C.). Sur la paroi interne du tube, en aval des électrodes est déposé un miroir de *tellure*. Le mode opératoire ayant été mis au point en répétant avec succès les expériences de Rice et Whaley sur l'acétone (1), dans toutes les expériences que nous avons faites (plus de 40) *nous avons observé que le miroir se dissout* suivant une ligne nette perpendiculaire à l'axe du tube. La bordure du miroir étant initialement à 10^{mm} des électrodes, cette bordure recule en moyenne de 1^{mm} en 2 minutes; à 15^{mm} des électrodes, elle recule en moyenne de 1^{mm} en 3 minutes et demie. *D'après le test de Paneth, le méthane soumis à température ordinaire à la décharge électrique donne donc naissance à des radicaux libres.*

3. Sur la paroi interne d'un piège placé en aval du miroir et maintenu à — 195° C., un anneau très mince se dépose au cours de l'essai. Il est formé d'un corps solide rouge acajou, qui se décompose sans fondre au delà de 150° C. en abandonnant un résidu noir de tellure. Ce corps est très difficilement volatilisable; sous un vide de 0,1 mm/Hg et à 100° C., l'anneau ne s'éclaircit sensiblement qu'au bout de 30 minutes. Ce corps est très stable; conservé pendant 6 mois, il est resté identique à lui-même. Il répand une odeur alliacée, écœurante, extrêmement pénétrante et tenace. Il est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et l'acétone.

On peut également recueillir le produit de dissolution du miroir en portant le tube à — 80° C., à quelques centimètres ou immédiatement derrière le miroir, en aval de celui-ci. Il se fait un anneau jaune franc légèrement fluorescent qui s'épaissit et tourne à l'orangé de plus en plus foncé au cours de l'expérience, pour prendre en définitive la teinte rouge acajou déjà signalée. Ces teintes correspondraient à divers degrés de polymérisation d'un même

corps ([5]). Elles appartiennent en tous les cas au même corps; en effet, à l'air et à la lumière, la couleur jaune passe spontanément au rouge acajou en quelques jours à température ordinaire et en quelques heures à 100° C.; inversement le dépôt rouge, vaporisé sous vide, se condense à — 80° C. en donnant un anneau jaune. Signalons enfin, comme d'autres auteurs l'ont déjà observé ([5]), que de rares fois le produit de dissolution du miroir s'est présenté, à — 195° C. ou à — 80° C., sous une teinte gris très clair d'aspect métallique.

Ces caractères, que l'extrême ténuité des dépôts ne permet pas de préciser davantage, sont *tous* identiques à ceux que F. O. Rice et Glazebrook ([6]) et tout spécialement Pearson, Purcell et Saigh ([5]) attribuent aux polytelluroformaldéhydes $(CH^2Te)^n$. Par contre, nous n'avons jamais observé la formation de CH^3—Te—Te—CH^3 (F 19°,5 C.) et de CH^3—Te—CH^3 (Éb. 80° C.).

Or la discussion critique que nous donnons ailleurs ([4]) des travaux consacrés à la caractérisation des radicaux CH^3 et CH^2 par les miroirs de tellure ([5]), ([6]), ([7]) montre que l'apparition de polytelluroformaldéhydes ne semble pas pouvoir être interprétée autrement que par la présence de radicaux CH^2. Dans la mesure où cette caractérisation, fort délicate d'ailleurs, peut être considérée comme suffisamment établie, nos observations indiqueraient donc que c'est le radical CH^2, à l'exclusion du radical CH^3, qui se forme dans le méthane soumis à température ordinaire à la décharge électrique.

CÉRAMIQUE. — *Nouveau procédé d'agglomération céramique.*
Note de M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

On peut agglomérer une masse de grains solides en recouvrant ceux-ci d'un film de nature convenable. J'ai constaté que l'emploi d'un film constitué par un solide fusible et agglomérable à lui-même par pression apporte ainsi une solution générale au problème de l'agglomération par cuisson des poudres, à condition que le solide fondu mouille celles-ci. On utilise pour la mise en forme une pression d'autant plus faible que la température est plus voisine de celle pour laquelle l'agglomérant est fondu.

L'agglomérant choisi doit présenter un bon pouvoir mouillant, donc une faible tension superficielle, un point de fusion relativement bas et un prix de revient aussi faible que possible. Nous avons plus particulièrement utilisé, dans les laboratoires de la Société Française Radio-Électrique ([1]), l'urée et la

---

([5]) Pearson, Purcell et Saigh, *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 409.

([6]) *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 2381.

([7]) Belchetz, *Trans. Farad. Soc.*, 30, 1934, p. 170; Belchetz et Rideal, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1168; F. O. Rice et Dooley, *ibid.*, 56, 1934, p. 1747; F. O. Rice et Glazebrook, *ibid.*, p. 2472; F. O. Rice, *ibid.*. 61, 1939, p. 213.

([1]) Brevet français déposé le 24 avril 1942 par la Société Française Radio-Électrique sous le n° 467 540. Addition déposée le 11 août 1944 sous le n° 41 859.

stéarine. L'urée a un point de fusion de 138° et une tension superficielle de 40 dynes/cm à 150°, la stéarine un point de fusion de 69° et une tension superficielle de 35 dynes/cm à 150°.

On maintient par exemple une température de 150° pendant 30 minutes dans un mélangeur cubique où la poudre à agglomérer est au contact de l'agglomérant fondu et de sa vapeur ou ses produits de décomposition. Ce traitement a pour effet de substituer l'agglomérant fondu aux gaz absorbés à la surface de la poudre; après traitement, la poudre tamisée est agglomérée sous une pression et à une température convenables.

L'aggloméré obtenu peut être ultérieurement traité comme un matériau céramique usuel; il suffit que la quantité d'agglomérant utilisée soit inférieure à celle pour laquelle se produit l'effondrement de l'objet à la température de fusion de l'agglomérant; 15 à 20 % en poids d'agglomérant donnent généralement un résultat satisfaisant.

Le départ de l'agglomérant au cours de la cuisson ne doit pas s'accompagner de la formation brutale d'une grande quantité de produits gazeux, qui entraînerait la désagrégation de l'objet. Il faut encore que la température reste à tout instant la même en surface et dans la masse pour éviter toute rupture ou déformation en cours de cuisson.

Dans la technique céramique usuelle, l'eau ou des mélanges d'eau et d'huile constituent l'agglomérant; le séchage régulier de masses importantes sous une épaisseur notable est alors d'une réalisation délicate, et il est, en outre, à peu près impossible d'arrêter l'opération à un degré de dessiccation bien défini et toujours le même. On ne peut, d'autre part, utiliser une faible quantité de liquide comme agglomérant sans se heurter aux difficultés que présente la réalisation de son mélange régulier avec une grosse masse de poudre absorbante.

Au contraire, la technique proposée permet de réaliser un mélange parfaitement régulier des proportions que l'on veut de poudre et d'agglomérant; elle supprime les opérations toujours délicates du séchage.

Enfin cette technique permet de traiter une poudre quelconque, par exemple un oxyde réfractaire, sans introduire le minimum de liant argileux que nécessitent les procédés classiques, ce qui étend ainsi le domaine des compositions chimiques justiciables d'un traitement céramique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques anomalies observées dans la saponification de certains nitriles et amides*. Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul-Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches sur la synthèse des acides $\alpha.\alpha$-disubstitués ainsi que sur l'alcoylation des naphtylacétonitriles et des tétralylacétonitriles, nous avons eu l'occasion d'enregistrer un certain nombre d'anomalies curieuses en ce qui concerne la saponification des nitriles et des amides en les acides corres-

pondants. Ainsi, par exemple, ni le cyanure de benzyle $\alpha.\alpha$-diméthylé, ni l'amide correspondant (I) ne purent être transformés en acide par la potasse alcoolique, même après plusieurs jours de chauffage; au contraire les homologues supérieurs (II), (III) et (IV) sont aisément saponifiables dans les mêmes conditions ([1]), de même que le dérivé paraméthoxylé (V) de (III).

$$C^6H^5{-}C(CH^3)_2{-}CONH^2 \quad (I)$$

$$C^6H^5{-}(CH^2)^n{-}C(CH^3)_2{-}CONH^2 \quad \begin{cases} (II) & n = 1 \\ (III) & n = 2 \\ (IV) & n = 3 \end{cases}$$

$$CH^3O{-}C^6H^4{-}CH^2{-}CH^2{-}C(CH^3)_2{-}CONH^2 \quad (V)$$

$$C^{10}H^7{-}C(CH^3)_2{-}CN \quad (VI)$$

$$C^{10}H^7{-}(CH^2)^n{-}C(CH^3)_2{-}CONH^2 \quad \begin{cases} (VII) & n = 1 \\ (VIII) & n = 2 \end{cases}$$

En série naphtalénique, le naphtyl-1-acétonitrile $\alpha.\alpha$-diméthylé (VI) est rigoureusement insaponifiable; par contre l'amide supérieur (VII) est facile à saponifier ([2]), son homologue (VIII) étant à nouveau inerte vis-à-vis de la potasse alcoolique. Chose curieuse, cette inertie appartient également à l'amide (IX) ([3]) qui, structurellement parlant, est pourtant fort proche de (VII).

$$C^{10}H^7{-}CH^2{-}C(C^2H^5)(CH^3){-}CONH^2 \quad (IX)$$

$$C^{10}H^7{-}CH(R){-}CN \quad (X)$$

$$C^{10}H^{11}{-}CH(R'){-}CN \quad (XI)$$

Si l'on se tourne maintenant vers la série des naphtyl-1-acétonitriles monoalcoylés de formule générale (X), des particularités non moins intéressantes retiennent l'attention. Lorsque le radical R est un radical alcoolique normal, la saponification s'opère sans difficulté, mais, lorsque R représente un groupement cyclohexyle ou un groupement Δ_2-cyclopenténylé, la saponification n'est plus possible. Il en est de même des tétralyl-1-acétonitriles substitués de formule générale (XI), dans lesquels R′ représente un groupement cyclohexyle ou Δ_2-cyclopenténylé.

Bien qu'il ne faille pas négliger l'influence possible des facteurs polaires ou des effets d'induction quantomécaniques dus à la présence de noyaux aromatiques et de doubles liaisons (règle de clivage d'Otto Schmidt), l'ensemble des faits rapportés ci-dessus s'explique au mieux par la théorie de l'empêchement

---

([1]) Voir aussi Mme Ramart et J. Hoch, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 864.

([2]) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 346.

([3]) P. Cagniant, C. Mentzer et Buu-Hoï, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 10, 1943, p. 148.

stérique. Il est aisé de voir que le noyau naphtalénique (ou tétrahydronaphtalénique), lorsqu'il est fixé en position α, apporte un empêchement bien plus important que le noyau benzénique, soit que le groupement fonctionnel (—CN ou —$CONH^2$) soit attiré dans le champ de forces compris entre les sommets 1 et 8, soit que les radicaux alcooliques (ou autres) soient repoussés vers ce même groupement fonctionnel, qu'ils arrivent à entourer d'une manière efficace. Enfin les noyaux cyclaniques ou cycléniques semblent également être plus encombrants que les restes alcoylés normaux équivalents. Au cours de ce travail nous avons préparé les corps nouveaux suivants :

1° ω.[*p-méthoxyphényléthyl*]-*diméthyl-acétophénone*

$$CH^3O_{(4)}—C^6H^4—(CH^2)^2—C(CH^3)^2—CO—C^6H^5.$$

12g d'isobutyrophénone sont sodés par 3g,2 d'amidure dans 50cm³ de benzène; on chauffe ensuite 48 heures au reflux avec 15g de bromure de l'alcool *p*-méthoxyphényl-éthylique. Le produit obtenu est un liquide visqueux jaunâtre $É_{14}$ 225-230° (10g); comme sous-produit, on obtient une grande quantité de 4.méthoxystyrolène. 2° *Amide* $\alpha.\alpha$-*diméthyl*-ω.*anisyl-butyrique* $C^{13}H^{19}O^2N$. 10g de la cétone précédente sont chauffés 10 heures avec 4g d'amidure de Na dans 60cm³ de toluène. On obtient 6g d'amide, $É_{11}$ 225-227°, cristallisant du benzène en belles paillettes nacrées F 120°, peu solubles dans les hydrocarbures. 3° *Acide* $\alpha.\alpha$-*diméthyl*-ω-*anisyl-butyrique* $C^{13}H^{18}O^3$. 5g d'amide sont chauffés 48 heures avec 100cm³ de potasse alcoolique à 10%; rendement : 2g en un acide $É_{11}$ 198-200°, F 56-57° (de l'éther de pétrole + C^6H^6); aiguilles d'odeur désagréable à la fois butyrique et aromatique. 4° (VI) $C^{14}H^{13}N$. Obtenu en faisant agir 2mol de ICH^3 sur le naphtyl-1-acétonitrile bisodé à l'amidure en milieu toluénique; liquide huileux incolore E_{10} 190-191°. 5° *Tétralyl-1.acétonitrile* Δ_2-*cyclopentényl*é $C^{17}H^{19}N$. Nous avons préparé le tétralyl-1-acétonitrile en faisant agir KCN sur la chlorométhyl-tétraline ($É_{18}$ 175-177°); ce nitrile est sodé comme d'ordinaire et traité par le Δ_2-chlorocyclopentène dans le toluène. On obtient 80% de rendement en un liquide très visqueux, jaunâtre, $É_4$ 214-215°. 6° *Cyclohexyl-tétralyl-1.acétonitrile* $C^{18}H^{23}N$. Huile sensiblement incolore, très visqueuse, $É_3$ 209-210°, insaponifiable comme le corps précédent. 7° Δ_2.*cyclopentényl-naphtyl-1.acétonitrile* $C^{17}H^{15}N$: huile très visqueuse, E_2 213-215°, incristallisable, et résistant à la saponification. 8° *Cyclohexyl-naphtyl-1-acétonitrile* $C^{18}H^{19}N$. Huile presque incolore, très visqueuse et insaponifiable, $É_2$ 210-212°. 9° *Acide* $\alpha.\alpha$-*diméthyl*-ω-*phénylvalérianique*. Cet acide, déjà décrit par Mme Ramart et Hoch, constitue des plaques formées d'aiguilles brillantes F 38° (de l'éther de pétrole; les auteurs précédents indiquent F 35°). Son amide, qui se saponifie facilement, donne au contraire à la dégradation d'Hofmann l'*isocyanate normal* $C^6H^5(CH^2)^3—C(CH^3)^2—N = C = O$ (6g d'amide traités par 50cm³ d'une solution d'hypobromite de K à 10% et 30cm³ d'eau), qui constitue un liquide incolore, fluide, E_{12} 142-143°, d'odeur aromatique agréable. Le fait que cet isocyanate est isolable prouve que l'empêchement stérique peut exister pour la dégradation d'Hofmann, même dans des cas où il n'a pas lieu pour la saponification des amides. L'hydrolyse acide de cet isocyanate conduit aisément à *l'amino-2.méthyl-2-phényl-5-pentane* $C^6H^5—(CH^2)^3—C(CH^3)^2—NH^2$, liquide incolore, $É_{12}$ 123-125°, fluide, absorbant CO^2 de l'air; le chlorhydrate $C^{12}H^{19}N,ClH$ cristallise du mélange alcool-benzène en belles aiguilles feutrées F instantané : 183°; l'amide paranitrobenzoïque $C^{19}H^{22}O^3N$ se sépare du mélange benzène-ligroïne sous forme de fines aiguilles incolores F 73°.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles observations sur la faratsihite.*
Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin.**

La faratsihite a été décrite par A. Lacroix (1) dans des trachytes altérés du massif volcanique de l'Ankaratra à Madagascar et a été considérée par lui, d'après sa composition chimique et ses propriétés optiques, comme une kaolinite ferrifère, opinion partagée par J. Orcel (2) comme conclusion d'une première analyse thermique différentielle. Puis J. W. Gruner (3) l'a rapprochée de la nontronite et G. Nagelschmit (4) a adopté ce point de vue. S. B. Hendricks (5), se basant sur l'examen à l'aide des rayons X et de l'étude thermique différentielle, considère qu'il s'agit d'un mélange de 60 % de kaolinite purement alumineuse et de 40 % de nontronite.

Nous avons repris l'étude de cette espèce à l'aide de l'analyse thermique différentielle pour comparer les courbes respectives de la faratsihite, de la nontronite et de la kaolinite en utilisant les minéraux tels quels ou modifiés par contact avec diverses solutions d'électrolytes, traitements susceptibles, comme nous l'avons montré (6), de modifier l'amplitude des crochets et de permettre ainsi d'accuser des ressemblances ou des différences.

L'analyse thermique de la faratsihite fournit une courbe assez analogue à celle de la kaolinite. En effet d'une part, dans les deux cas, les crochets endothermiques correspondant au départ de l'eau hygroscopique et de l'eau de constitution se situent respectivement à 120° et à 520° et sont de même importance; d'autre part le crochet exothermique se produit à 900° pour le minéral malgache et seulement entre 930° et 1000° pour le kaolin; en outre il est plus étalé et moins ample dans le premier cas que dans le second. Il faut enfin noter, dans la courbe de la faratsihite, la présence d'un faible crochet endothermique vers 330°, mettant en évidence une petite quantité de goethite.

La fixation du fer sur la kaolinite donne au crochet exothermique une amplitude et un aspect analogues à ceux que nous observons dans les courbes de faratsihite, mais nous n'avons jamais remarqué d'abaissement dans la température à laquelle se produit ce phénomène.

La fixation sur la faratsihite de l'ion Na et de l'ion Ca amplifie considérablement ce crochet; celle de l'ion Fe le diminue comme dans le cas de la kaolinite.

La comparaison des courbes thermiques de la faratsihite et de la nontronite

---

(1) *Bull. Soc. fr., Minér.*, 37, 1914, p. 231.
(2) *C. R. Congrès Inter. Mines*, Sect. géol. appliquée, 1935, 1, 1936, p. 362.
(3) *American mineralogist*. 20, 1935, pp. 475-483.
(4) *Mineralogical Magazine*, 25, 1938, pp. 140-155.
(5) *American Mineralogist*, 24, 1939, pp. 529-539.
(6) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 684.

accuse au contraire des différences notables; d'une part dans la nontronite le crochet correspondant au dégagement de l'eau hygroscopique se produit vers 120°, comme dans la faratsihite, mais il est beaucoup plus important; d'autre part il est suivi presque immédiatement d'un second crochet assez étalé et peu profond vers 400°. Enfin la courbe de la nontronite ne montre aucun phénomène exothermique. Les divers traitements essayés, fixation de Ca, de Ba ont augmenté l'importance des crochets sans faire apparaître de particularité nouvelle.

Deux analyses thermiques effectuées sur des mélanges artificiels de kaolinite et de nontronite, à 20 % et à 40 % de ce dernier minéral, ont permis de constater que la présence de la nontronite se manifeste nettement dans ces courbes, mais ni la forme ni la position du crochet exothermique de la kaolinite ne sont modifiées. Les courbes ainsi obtenues diffèrent de celle de la faratsihite qui dans aucun cas n'a montré la présence de la nontronite et qui a mis en évidence un crochet exothermique moins aigu et à une température plus basse. La teneur possible en nontronite de la faratsihite est donc inférieure à 20 %.

Les conclusions de J. W. Gruner et de G. Nagelschmit sont à rejeter; quant à l'hypothèse de S. E. Hendricks, elle est aussi en contradiction avec ces résultats puisque l'interprétation des données de l'analyse chimique l'obligeait à admettre une teneur en nontronite de 40 %. Nous sommes conduits à penser qu'une partie du fer contenu dans la faratsihite se trouve dans le réseau kaolinique.

D'après cette étude, la faratsihite serait donc bien une kaolinite ferrifère associée à un peu de goethite et probablement à 10 ou 15 % de nontronite.

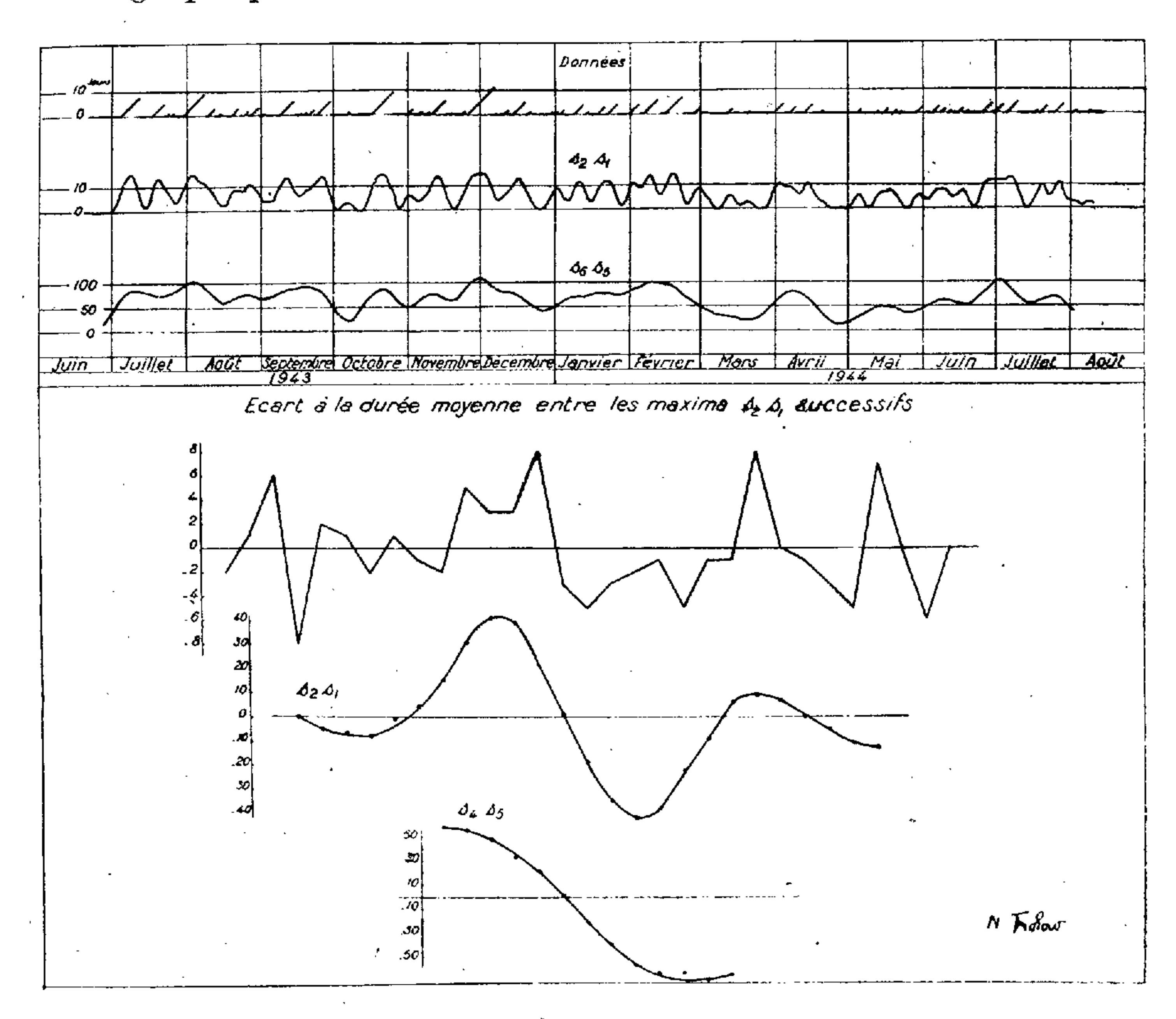
MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision des époques pluvieuses.*
Note de † **Nikita Frolow**.

Plusieurs chercheurs ont utilisé la méthode d'analyse harmonique de M. et Mme Labrouste pour l'étude des séries météorologiques et en ont tiré des conclusions intéressant la Géographie physique et donnant même lieu parfois à la prévision. Il restait néanmoins à explorer ce que donnerait cette méthode d'analyse appliquée à la répartition des jours de pluie. C'est à quoi je me suis appliqué.

J'ai adopté la convention d'inscrire le chiffre 1 en face de la date où il a plu et le chiffre 0 aux jours sans pluie. Sur le graphique accompagnant cette Note les jours de pluie sont représentés par un trait incliné à 45°, ce qui fait apparaître la durée des périodes pluvieuses et facilite la comparaison avec les courbes obtenues par le calcul. Ces dernières sont simplement des courbes de reconnaissance de la méthode d'analyse, dont celle $s_6 s_5$ est de rang le plus élevé.

Je me suis servi des observations personnelles, faites à Paris d'abord et

ensuite à Cigogne, commune de Faverolles, Loir-et-Cher. Ces dernières observations sont reproduites ici. Voici les quelques résultats qui apparaissent à la lecture des graphiques.



Courbe $s_6 s_5$. — L'aspect de ce graphique est complexe, mais on observe souvent une succession de sommets presque équidistants d'une vingtaine de jours et, de plus, les branches assez longues à forte pente sont toujours suivies d'un mouvement du graphique en sens inverse aussi net. Les particularités de l'année, la sécheresse printanière, par exemple, ressortent sur cette courbe peut-être mieux que sur le graphique des données.

Il me paraît en résulter que la série des nombres 0 et 1, représentant la répartition des jours de pluie, se prêterait à un développement en une somme d'un nombre limité de sinusoïdes, mais, telle quelle, elle ne serait utilisable pour la prévision des époques pluvieuses qu'au moment des mouvements accusés des courbes de reconnaissance.

Courbe $s_1 s_2$. — J'ai cherché alors un moyen qui assurerait mieux la prévision, et je crois l'avoir trouvé de la manière suivante, en partant de la courbe $s_2 s_1$, la plus complexe des courbes de reconnaissance. J'ai calculé le temps moyen s'écoulant entre deux maxima successifs de cette courbe, et j'ai noté les écarts à cette moyenne de chacun des intervalles entre deux maxima successifs. La série de ces écarts a donné lieu à une courbe de reconnaissance $s_2 s_1$ qui a

une allure se rapprochant nettement d'une sinusoïde amortie. La courbe de reconnaissance $s_4 s_5$ de cette même série a une marche encore plus régulière.

C'est en extrapolant ces deux courbes de reconnaissance qu'il m'a été possible d'annoncer jusqu'à 20 jours à l'avance la probabilité des pluies et mes prévisions ont subi le contrôle des cultivateurs de ma résidence.

Ma brève expérience n'a certainement qu'une valeur indicative. Elle montre, au moins, que la répartition des jours de pluie est une donnée que l'on peut utiliser pour la recherche, par analyse harmonique, des influences générales (marche annuelle etc.) et probablement pour la prévision.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Perturbations à début brusque de l'ionosphère et cycle solaire undécennal.* Note (¹) de M. **Robert Bureau**, présentée par M. Charles Maurain.

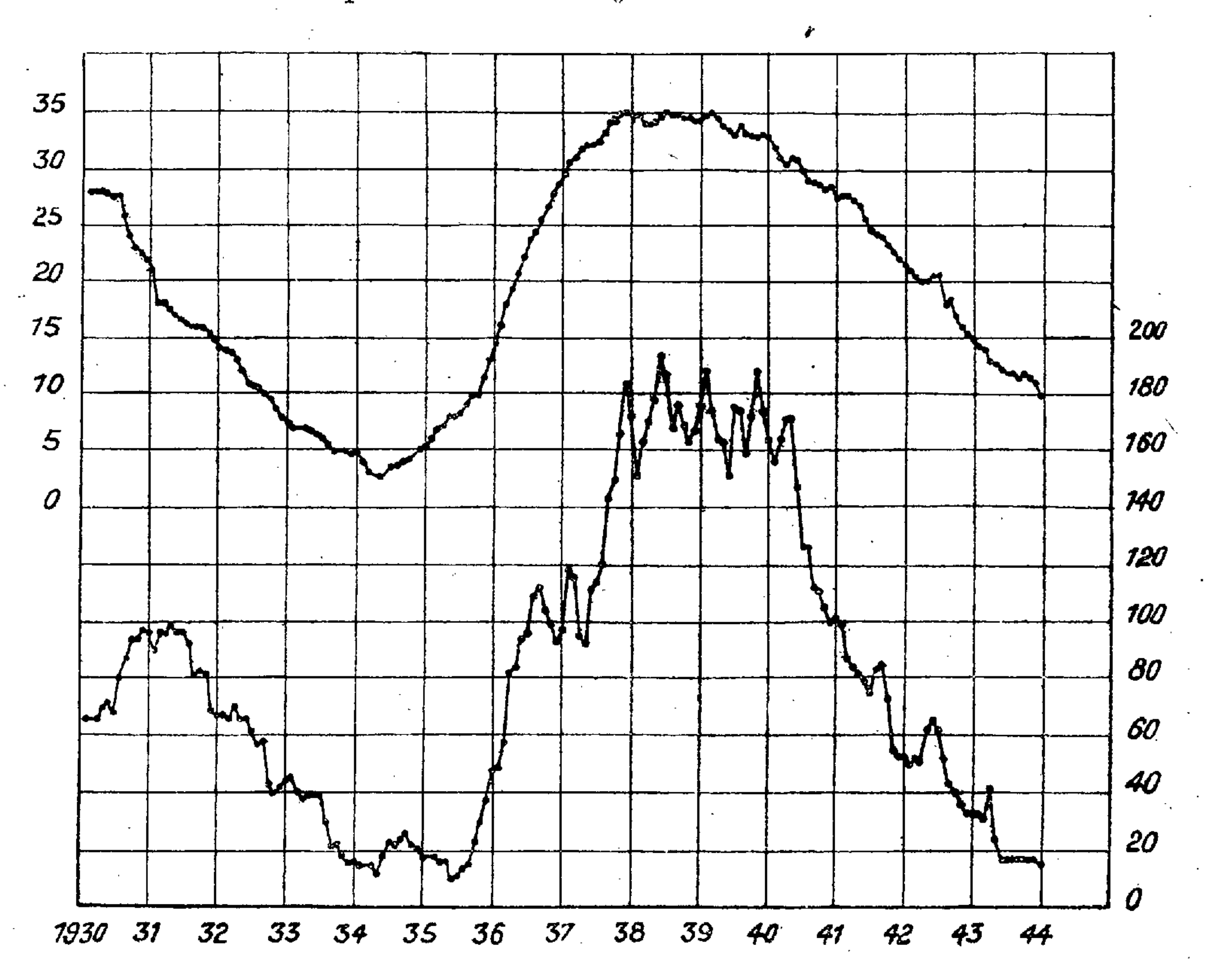
La radioélectricité nous a révélé un exemple remarquable d'une relation directe de cause à effet entre un phénomène solaire et des phénomènes terrestres : il est fourni par l'action des éruptions brillantes de la chromosphère solaire sur les régions basses (région D) de l'ionosphère terrestre. Les perturbations de l'ionosphère qui en résultent sont mises en évidence par les évanouissements brusques des ondes courtes (décamétriques), et par les renforcements brusques des ondes très longues (entre 8000 et 15000^m). J'ai pu signaler ce dernier effet grâce à l'enregistrement des parasites atmosphériques sur 11000^m de longueur d'onde (²). Il est maintenant bien prouvé que, dans la limite des précisions expérimentales, il y a synchronisme entre les éruptions chromosphériques brillantes, les évanouissements brusques sur ondes décamétriques, les renforcements du niveau moyen d'atmosphériques sur ondes très longues (11000^m), et des crochets caractéristiques sur les enregistrements du magnétisme terrestre. Il est donc légitime de reprendre la documentation de longue durée et presque ininterrompue que j'ai rassemblée depuis 1929 en enregistrant le niveau général des atmosphériques, et d'y relever jour par jour les renforcements brusques dans l'espoir d'y reconstituer un historique des éruptions chromosphériques au cours d'un cycle solaire undécennal.

La figure ci-après résume les résultats de ce travail accompli pour les années 1930 à 1944 (courbe inférieure). Chaque point de cette courbe donne pour le premier jour de chaque mois le nombre total de renforcements brusques au cours des 12 mois précédents. Pour rapprocher ce résultat d'une courbe fournissant un paramètre de l'activité solaire au cours de la même période, j'ai choisi les nombres indices de l'activité solaire d'après l'observation des plages faculaires du calcium ionisé, c'est-à-dire d'après un paramètre représentant

(¹) Séance du 25 septembre 1944.

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1275.

l'activité moyenne de la chromosphère solaire. J'ai utilisé à cet effet le *Quarterly Bulletin on Solar Activity,* ainsi que les nombres qui m'ont été fournis pour les deux dernières années par M. d'Azambuja.



Courbe supérieure : *Nombres indices de l'activité solaire (Disque entier) d'après les plages faculaires (flocculi) du calcium ionisé.*

Courbe inférieure : *Nombres des perturbations ionosphériques à début brusque signalées par le renforcement des courbes d'atmosphériques sur 11 000 mètres de longueur d'onde.*

Nota *Chaque courbe est établie à l'aide d'un point par mois ; ce point correspond, soit à la moyenne des nombres indices mensuels, soit au nombre de perturbations ionosphériques dans les 12 mois précédents*

Les deux courbes accusent la même évolution undécennale, sans déphasage. L'amplitude est remarquable; elle va de près de 200 renforcements en une année à zéro (aucun renforcement de mai 1943 à août 1944). Les nombres indices fournis par l'observation des plages faculaires et les nombres annuels de renforcements brusques rendent compte l'un et l'autre d'une même activité moyenne se manifestant dans le Soleil, d'où le parallélisme général des deux courbes. Toutefois elles traduisent différents effets de cette même activité, d'où des différences de détail. C'est en effet aux éruptions chromosphériques seules,

et non aux plages faculaires qu'il faut rattacher les perturbations brusques de l'ionosphère.

L'enregistrement des atmosphériques sur 11000^m de longueur d'onde peut être considéré comme l'un des moyens indirects les plus commodes de suivre mois par mois, et quel que soit l'état du ciel, l'évolution de l'activité solaire telle qu'elle se manifeste par les éruptions brillantes de la chromosphère. La surveillance à cet effet du disque solaire serait plus complète si l'on disposait de quelques enregistreurs d'atmosphériques bien répartis à diverses longitudes, pour qu'il y en ait toujours un au moins dans l'hémisphère éclairé.

MICROPALÉONTOLOGIE ET ÉVOLUTION. — *Remarques sur l'évolution des Silicoflagellidées, à propos de deux espèces crétaciques nouvelles.* Note (1) de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans bien des groupes d'êtres, vivants ou fossiles, des espèces banales, sans signification propre, voisinent avec des formes dont les caractères particuliers révèlent des affinités, des relations phylogénétiques interspécifiques ou intergénériques, éclairant les problèmes concernant l'évolution des groupes considérés. C'est à ces formes intéressantes qu'appartiennent deux espèces de Silicoflagellidées, nouvellement découvertes dans le Crétacé supérieur de Californie (2).

La première, *Vallacerta hannai* n. sp. (3), minuscule cupule siliceuse ornementée de 8 à 10$^\mu$ de diamètre (*fig.* 1 à 7), à bord portant sept cornes creuses inégales, confirme tout d'abord la validité du genre *Vallacerta*, jusque-là monospécifique. Par sa morphologie typique, elle constitue une nouvelle démonstration de la relation phylogénétique qui unit les genres *Vallacerta* et *Corbisema* [cf. (4), p. 445], tout en rendant inutile la recherche d'une hypothèse expliquant la taille relativement élevée de *Vallacerta hortoni*. Les dimensions de *V. hannai* permettent son homologation pure et simple à l'aire apicale d'une Silicoflagellidée moyenne à 7 cornes, analogue, par exemple, à *Dictyocha deflandrei* Freng. (3 à 5 cornes).

L'existence d'un tel géniteur à 7 cornes, au Crétacé, vient à l'encontre de l'hypothèse considérant les squelettes de Silicoflagellidées à symétrie ternaire comme primordiaux, les types à 4 et 6 cornes paraissant leur avoir succédé. C'est bien un fait que les *Dictyocha* à 6 cornes et plus manquent complètement, ou sont extrêmement rares au Crétacé supérieur et à la base du Tertiaire, alors qu'ils abondent à partir du Miocène et se maintiennent jusque dans les mers actuelles. Mais *Vallacerta hannai* apporte la preuve que les types à plus de

(1) Séance du 23 octobre 1944.
(2) *Diatomite de Panoche Hills*, Fresno County, Cal. (Étage de Moreno).
(3) Dédiée au paléontologiste américain G. Dallas Hanna.
(4) *Comptes rendus*, **211**, 1940, pp. 445 et 508.

6 cornes, bien qu'encore inconnus, sont au contraire très anciens et que leur première apparition est fort antérieure au Miocène.

Pour la seconde espèce, *Cornua aculeifera* n. sp. (*fig.* 8, 9), des réflexions

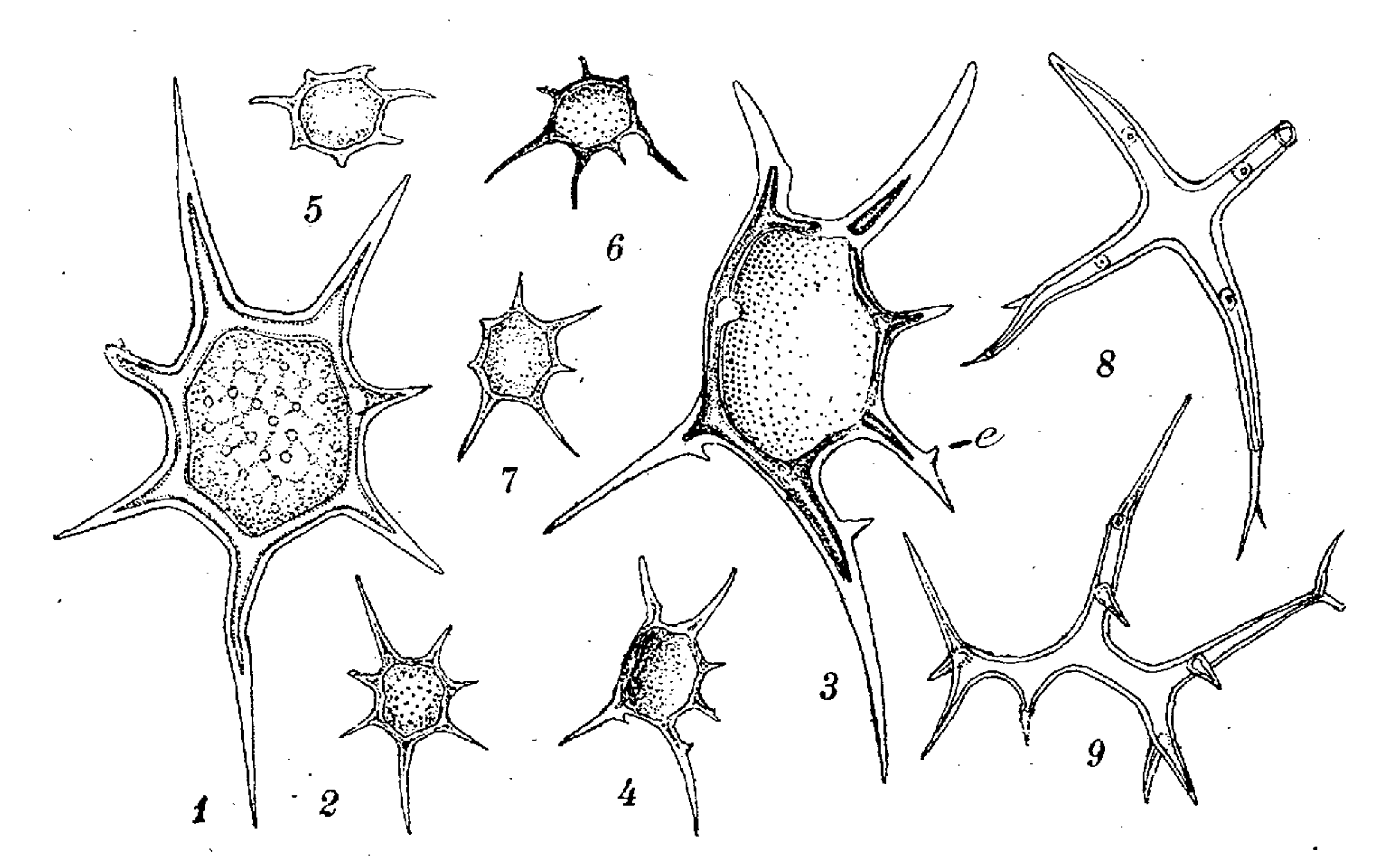


Fig. 1 à 9. — Silicoflagellidées crétaciques. 1 à 7 : *Vallacerta Hannai* n. sp. 1 et 2 : Holotype, face externe; 3 et 4 : paratype, face interne en vue oblique : *e*, épine de soutien; 5 à 7 : paratypes; 8 et 9 ; *Cornua aculeifera* n. sp.; 8 : holotype, face interne; 9 : paratype, face externe. Gross. 900, sauf figure 1 et 3, gross. 2300 environ.

d'un ordre voisin pourraient être développées, desquelles on extraira seulement les deux suivantes : 1° le maintien du genre *Cornua* Schulz se trouve justifié; 2° la possession de cornes sur l'appareil apical n'est pas l'apanage ni la caractéristique de certaines populations de *Dictyocha* tertiaires, chez qui ces cornes apparaissent avec exubérance.

Ces résultats, joints à ceux publiés en 1940, amènent à constater que des Silicoflagellidées, bâties sur le même schéma que les formes tertiaires et actuelles (anneau basal divisé en fenêtres par un appareil apical), existaient ou avaient déjà existé au Crétacé supérieur. A cette époque vivaient aussi des formes réduites à l'appareil apical (éventuellement à une aire apicale), évoquant des séries orthogénétiques, *Corbisema* (ou *Dictyocha*) *Cornua-Lyramula* et *Corbisema-Vallacerta*, séries aboutissant à des espèces apparemment éteintes dès le début du Tertiaire.

Au cours du Tertiaire, une tendance évolutive exactement opposée s'est manifestée : c'est la perte de l'appareil apical, le squelette se réduisant à l'anneau basal. Si le géniteur est absent ou inconnu, ces squelettes sont classés dans le genre *Mesocena*. Ces *Mesocena*, ainsi caractérisés, s'éteignent à la fin du Tertiaire. A l'époque actuelle, les squelettes, réduits soit à l'appareil apical

seul (formes cornuoïdes), soit à l'anneau basal seul (formes mésocénoïdes), ne sont plus que des accidents de l'ontogenèse, sans signification systématique.

Au cours du Tertiaire se sont manifestées également deux tendances évolutives de second ordre, n'affectant que la physionomie générale : l'une, par les mutations naviculaires, conduit aux *Naviculopsis* (⁵); l'autre, par des mutations plus ou moins sphériques, aboutit aux *Cannopilus*. *Naviculopsis* et *Cannopilus* sont également éteints aujourd'hui.

Ainsi entrevoit-on, dès maintenant, les grandes lignes principales de l'évolution du squelette des Silicoflagellidées : 1° Certains types connus du Crétacé supérieur, ainsi que des types hypothétiques (géniteurs des *Cornua*, *Lyramula*, *Vallacerta*), ne diffèrent pas, schématiquement, du type *Dictyocha* que revêtent les formes actuelles. 2° Les essais faits par la nature pour s'écarter de ce type, tant à la fin du Secondaire (abandon de l'anneau basal), qu'au cours du Tertiaire (abandon de l'appareil apical, modifications de la forme générale), ont l'allure d'échecs, les phylums constitués aboutissant à des espèces, parfois de grande taille, qui ne se perpétuent pas.

Le type viable, réalisé déjà au Crétacé, persiste actuellement sous la forme de quelques espèces, dont les dimensions paraissent s'être stabilisées autour d'une taille moyenne, nettement inférieure à celle de leurs ancêtres les plus grands.

PALÉOBOTANIQUE. — *Histoire forestière flandrienne du Cantal, avec phase allerödienne.* Note [1] de M. **Georges Dubois** et Mme **Camille Dubois**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Nous reconstituons cette histoire d'après les analyses polliniques de trois tourbières et d'une prairie tourbeuse.

I. Les résultats les plus importants ont été fournis par la tourbière de la Taphanel à Riom-ès-Montagne, au Sud-Est de la ville, en lisière Nord du massif volcanique, vers l'altitude 950^m (tourbe 6^m, sur vase $2^m,25$), et par celle du Joland à Ségur-les-Villas, sur les pentes Nord-Est du massif, vers l'altitude 1100^m (tourbe $7^m,25$, sur vase $0^m,75$). Les phases forestières successives ont été reconnues, les deux premières dans les niveaux vaseux, les suivantes dans les niveaux tourbeux, les uns comme les autres s'étant montrés riches en pollens forestiers [2] :

1° Chênaie et Pinède chauves ou lointaines (vase profonde de la Taphanel sans pollen ou pollens rares);

(⁵) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 100.

[1] Séance 5 juin 1944.

[2] Dans les deux tourbières la base de la tourbe et la vase contiennent des Diatomees et des spicules d'Eponges.

2° Pinède avec Bouleau puis avec Chêne, et autres arbres, en outre Saule à la Taphanel;
3° Bétulaie avec Pin et autres arbres;
4° Chênaie mixte (Chêne avec Orme puis avec Tilleul) et autres arbres, avec deux poussées de Coudraie, l'inférieure intensément marquée dans les deux tourbières, la supérieure bien marquée à la Taphanel, fruste au Joland;
5° Fagabiétaie avec dominance du Hêtre ou du Sapin;
6° Forêt diversifiée subterminale et terminale (Pin, Chêne, Aulne, Bouleau, Coudrier), en outre Châtaignier en surface au Joland.

Depuis la phase de la Bétulaie jusqu'à la phase terminale, se trame une histoire très proche de celle bien connue déjà dans les Mont-Dore et le Cézallier ([3]), voisins du Cantal, depuis la phase subarctique du Flandrien jusqu'à la phase subatlantique actuelle. Ce qui est remarquable à la Taphanel et au Joland, c'est le témoignage pollinique d'une phase à Pin et Chêne, relativement xérothermique, bien qu'antérieure à celle de la Bétulaie subarctique. A la Taphanel, le Saule concourt à préciser l'âge ancien de cette phase anté-subarctique qui, ainsi qu'on le constate à la même tourbière, fut elle-même précédée par un épisode de calvitie forestière relative, la forêt de Chêne et de Pin étant clairsemée ou lointaine.

Cette phase climatique anté-subarctique correspond à l'oscillation chaude d'Alleröd en Danemark, qui, avec un caractère subarctique, s'y intercale entre deux périodes arctiques ([4]). L'oscillation d'Alleröd, qui date environ de l'an — 10000, a été reconnue en divers points de l'Europe; on lui voit prendre une allure plus chaude lorsqu'on s'éloigne de l'aire d'extension du glacier nordique. Nous la retrouvons en Cantal avec un cachet boréal xérothermique.

II. La prairie des Saignes, au Lioran, commune de Laveissière, au cœur du massif, à l'altitude 1245^m (terreau tourbeux, sableux à la base, 0^m,50), ne nous a permis d'observer que la fin de l'histoire forestière précédente. Le Sapin domine jusqu'en surface, avec diversité forestière terminale peu sensible, l'entourage forestier immédiat actuel étant la Fagabiétaie.

III. La tourbière du Siliol à Riom-ès-Montagne, un peu au Nord de cette ville, en bordure Nord du massif volcanique, vers l'altitude 870^m (tourbe très fluide 2^m,30, sur vase 0^m,60) ([5]), révèle une histoire forestière postérieure à la première poussée du Coudrier et assez différente de celle précédemment tracée. En effet, jusqu'à la phase subterminale, ici fort diversifiée, la Chênaie persiste, égalant ou dominant le Hêtre; le Sapin, après une précoce poussée au début de la période atlantique, disparaît rapidement. Notons que l'interpénétration de la Chênaie et de la Hêtraie est un dispositif du paysage forestier cantalien actuel à de basses altitudes ([6]). Rappelons surtout que la nette persi

---

([3]) Travaux de M. Denis, G. Erdtmann, F. Firbas et G. Lemée.
([4]) N. Hartz, *Danmarks Geol. Unders.*, II, 11, 1902, pp. 6-29, 73-76.
([5]) Diatomées vers le haut et vers le bas de la tourbe et dans la vase.
([6]) G. Aufrère, *Carte botanique du Cantal*, 1937.

stance du Chêne pendant les périodes subboréale et subatlantique du Flandrien, avec faible développement du Hêtre et effacement presque total ou total du Sapin, sont des caractéristiques essentielles de l'histoire forestière de la Montagne limousine ([7]).

IV. CONCLUSIONS. — L'histoire forestière flandrienne du massif du Cantal est de type montagnard auvergnat au-dessus de 900^m^, depuis sa lisière septentrionale jusqu'à son centre, avec une phase xérothermique allerödienne antérieure à la période subarctique. Elle est de type limousin plus bas que 900^m^ en bordure Nord du massif.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'action combinée de deux composées du soufre dans la croissance des Bactéries pourpres.* Note ([1]) de Mme **ODILE PAVILLARD**, présentée par M. Louis Blaringhem.

J'ai montré ([2]) la relation entre la croissance des Bactéries pourpres et la quantité de soufre présente sous la forme d'espèces chimiques diverses (Na^2S, $S^2O^3Na^2$, SO^4Na^2, S) dans les milieux de culture. Des trois sels utilisés le sulfure est le plus efficace; par exemple, lorsqu'on suit la culture par opacimétrie et que l'évaluation est faite en unités arbitraires de l'électrophotomètre de Meunier, l'opacité maximum, obtenue avec Na^2S comme source de soufre, est 72 pour 87^{mg} de soufre par litre, et 80 en milieu à pH fixe 8,2 pour 100^{mg} par litre. Le thiosulfate ne permet ni en solution non tamponnée, ni à ce même pH, une croissance aussi importante. Le sulfate est sans action.

J'ai recherché quelle serait l'action combinée de deux composés différents du soufre, à savoir Na^2S et $S^2O^3Na^2$. Une série de milieux de culture a réuni une quantité fixe de sulfure (contenant suivant les expériences 5, 20, 50^{mg} de soufre) et une quantité supplémentaire de soufre sous forme de thiosulfate. Les résultats obtenus dans les cultures peuvent être comparés soit à ceux qu'aurait fournis l'emploi de la quantité de chacun des sels utilisée, soit à ceux qu'on a obtenus dans les expériences témoins comportant la même quantité totale de soufre sous l'une seule des deux espèces chimiques

On n'a pas eu recours ici à la numération directe, mais à la mesure opacimétrique seule. On a choisi pour l'expérience une durée (30 jours environ) telle que les granules de soufre transitoirement formés dans les bactéries aient toujours complètement disparu.

Les résultats doivent être interprétés de la manière suivante : la prise de la culture employée à l'ensemencement introduit une quantité de bactéries qui

([7]) G. DUBOIS, Mme C. DUBOIS et L. GLANGEAUD, *Rev. Sc. Nat. d'Auvergne*, N. S., **8**, 1942, p. 177; G. LEMÉE, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 74.

([1]) Séance du 30 octobre 1944.

([2]) Mlle ODILE GERHARDT, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 368.

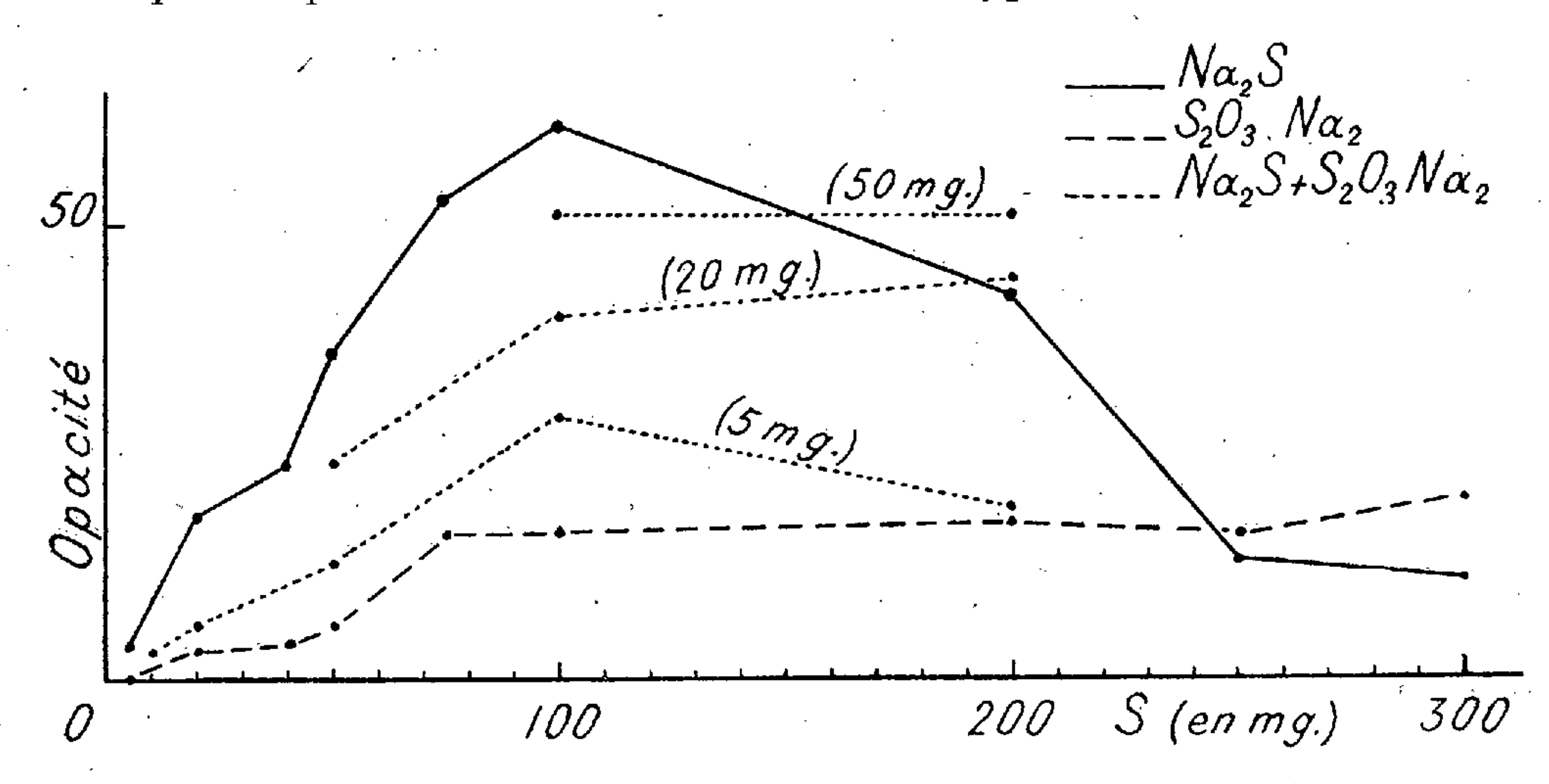
s'exprime par l'opacité des milieux ensemencés, au début de la culture. Dans une même expérience, cette valeur est fixe, soit 19 unités dans celle qui va être analysée. L'efficacité du soufre du milieu de culture se traduit par la différence entre le nombre d'unités lu à la fin de l'expérience et 19. Par exemple, 50mg de soufre en Na^2S fournissant en fin d'expérience une culture d'opacité 55; l'efficacité est $55 - 19 = 36$. De même une culture où les 50mg de soufre par litre sont offerts sous forme de $S^2O^3Na^2$ a pour efficacité $25 - 19 = 6$.

Si nous réunissons dans un même milieu 50mg de soufre par litre sous forme Na^2S et 50mg de soufre par litre sous forme $S^2O^3Na^2$, nous pouvons prévoir, si chacun des deux corps agit comme s'il était seul, une efficacité qui soit le total $36 + 6 = 42$. Or la culture donne comme résultat une opacité de 70, qui, diminuée de 19, indique une efficacité de 51.

Ainsi le mélange de soufre, sous les 2 formes de Na^2S et $S^2O^3Na^2$, fournit une croissance meilleure que celle réalisée isolément avec chacun des constituants.

D'autre part c'est, dans cette expérience, 100mg de soufre par litre que nous avons offerts. Si les 100mg avaient été fournis sous forme de Na^2S, l'efficacité eût été $80 - 19 = 61$, et pour $S^2O^3Na^2$ avec même concentration en soufre $35 - 19 = 16$. Ainsi la croissance eût été plus forte encore avec le soufre sous la seule forme Na^2S; l'optimum pour ce corps est en effet supérieur à 50mg par litre.

Lorsque l'expérience est réalisée suivant ce type avec 20mg de soufre sous



forme Na^2S et 180mg de soufre sous forme $S^2O^3Na^2$, dont les efficacités respectives sont 18 et 17, soit au total 35, nous obtenons en fait une croissance plus forte que le total des deux croissances prévues, avec une efficacité de 44. Dans les conditions envisagées (total de 200mg de soufre par litre), chacun des deux constituants pris isolément eût fourni une efficacité moindre ou au plus égale, Na^2S, 42; $S^2O^3Na^2$, 17.

Les résultats des trois séries d'expériences sont traduits par le graphique ci-contre.

On ne saurait interpréter les résultats obtenus dans l'hypothèse où les métabolismes portant sur le sulfure et le thiosulfate seraient totalement indépendants. Une partie de thiosulfate a son efficacité augmentée, comme s'il était transformé en sulfure. Mais le lien qui existe entre ces métabolismes ne saurait être tel que tout le soufre soit utilisé finalement suivant la réaction la plus efficace : les 180^{mg} de soufre sous forme $S^2O^3Na^2$, progressivement utilisés sous forme de Na^2S, devraient fournir une croissance au moins égale à celle qui correspond à l'optimum pour Na^2S. On peut donc déjà, de l'examen de ces résultats, conclure à la complexité du métabolisme du soufre sous l'action des Bactéries pourpres.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rôle respectif de l'obscurité et de la lumière dans les phénomènes du photopériodisme.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Certains auteurs, anglais et russes (1), affirment que le photopériodisme est la manifestation du besoin absolu d'une « phase d'obscurité » qui serait nécessaire, pendant un temps plus ou moins long, à l'origine du développement de *toutes* les plantes à fleurs : les espèces « de journées longues » seraient celles chez lesquelles le besoin d'obscurité ne se ferait sentir que pendant les premiers temps de la vie de la plante, au moins durant la phase dite de « vernalisation » et peu après; les espèces « de journées courtes » seraient celles chez lesquelles le besoin d'obscurité s'étendrait au moins jusqu'à l'approche de la floraison.

Je pense au contraire que les plantes de journées longues n'ont aucun besoin absolu d'obscurité; je les appelle pour cette raison *héméropériodiques.* Si l'obscurité et non la seule brièveté du jour peut être, chez les plantes de journées courtes, que j'appelle pour cette raison *nyctopériodiques,* la condition nécessaire à la floraison, cette nécessité n'a pas un caractère général : l'obscurité doit être inutile à la floraison des plantes héméropériodiques (2).

Il reste à donner une démonstration certaine de cette affirmation. En effet, s'il est bien connu que beaucoup d'auteurs ont réussi à élever des plantes complètement à la lumière continue, jamais il n'a été rapporté, à ma connaissance, que la germination même ait eu lieu en pleine lumière *dans ces expériences* : les graines, enfouies dans la terre des pots, vivent ainsi à l'obscurité leur

(1) Voir notamment R. O. Whyte et M. A. Oljhovikov, *Chronica Botanica,* 4e à 6e séries, 5, 1939, pp. 327-337; *Nature,* 143, 1939, pp. 301-302; N. G. Cholodny, *Herbage Reviews,* 4e série, 7, 1939, pp. 235-247.

(2) P. Chouard, *Comptes rendus,* 216, 1943, p. 591; *Rev. des Agr. de Fr.* (*Journ. d'Agr. Prat.*), 76, 1944, p. 23 (no 11 et suivants en cours de parution).

première phase, ce qui permet aux auteurs précités de maintenir leur affirmation d'un besoin absolu et initial d'obscurité.

Pour apporter la démonstration contraire, j'ai semé des graines en surface, simplement déposées sur la terre humide du pot, maintenues en atmosphère saturée par le trempage de la base du pot dans l'eau et par la pose d'une plaque de verre sur le pot. Les pots ainsi préparés ont été exposés à la pleine lumière du jour et, du crépuscule à l'aube, à l'éclairement d'environ 200 lux d'une lampe à incandescence, éclairement connu comme bien supérieur au minimum capable d'intervenir dans les phénomènes du photopériodisme. Après germination, la plaque de verre a été retirée et le traitement a été maintenu.

Voici les résultats observés, le semis ayant été fait le 12 juin 1944 et l'éclairement de nuit ayant pu être maintenu jusqu'au 28 août 1944.

1° Plantes *de printemps* (n'exigeant qu'une température tiède pendant leur phase initiale de vernalisation et aptes à répondre ensuite aux conditions d'éclairement) : *Blé de printemps Fylgia*, *Blé Amidonnier Blanc*, *Blé Engrain*, épiaison et floraison en juillet-août, grains bien formés en fin août, maturité complète autour du 15 septembre. *Mâche verte à cœur plein*, floraison débutant en août, *Cresson alénois*, floraison en juillet, suivie de maturité totale.

2° Plantes *d'hiver* (exigeant une température froide avant de pouvoir fleurir sous des jours de durée appropriée) : *Blé d'hiver Bon Fermier*, *Blé Épeautre*, *Blé Poulard*, restent en rosettes feuillées, sans aucune épiaison.

Parallèlement, des lots témoins ont été soumis à l'éclairement normal des jours longs coupés de nuits courtes (juin à septembre). Les résultats ont été analogues, marquant cependant un léger retard dans les floraisons (2 ou 3 jours pour le Cresson alénois, 10 à 15 jours pour les Blés).

Cet essai, réduit à ses traits essentiels du fait des circonstances de guerre, vient donc à l'appui de la théorie explicative du photopériodisme que j'ai rappelée plus haut : la mise à fleurs exige toujours l'action de l'éclairement, coupé ou non d'obscurité. Chez les plantes héméropériodiques, aucun instant d'obscurité n'est nécessaire à aucun moment du développement, même aux débuts de la germination; en journée continue la floraison se produit, pourvu seulement que la température initiale ait été favorable au déroulement de la phase de vernalisation.

PHYSIOLOGIE. — *Électivité d'action du glucose et du lévulose sur l'excitabilité nerveuse.* Note de Mmes **Berthe Chauchard** et **Henriette Mazoué** et MM. **Paul Chauchard** et **Raoul Lecoq**, présentée par M. Louis Lapicque.

Au cours d'une étude sur le retentissement nerveux des variations de la teneur du sang en glucose, l'un de nous a signalé [1] que l'injection à un Cobaye

(1) P. Chauchard, *Rev. Neurol.*, 73, 1941, p. 245.

normal de quelques milligrammes de ce sucre provoque un allongement des chronaxies nerveuses motrices des systèmes antagonistes de la patte, action analogue à celle des dépresseurs nerveux; il a souligné le fait que cette propriété inattendue du glucose pouvait intervenir comme facteur favorisant dans l'apparition du coma diabétique. Plus récemment, nous avons également retrouvé ce phénomène sur le Rat et sur le Pigeon, après injection intrapéritonéale du même hexose (2).

S'agit-il là d'une action particulière au glucose ? Pour le savoir il importait de rechercher les effets de quelques autres sucres; c'est ce que nous nous sommes proposé de faire sur la demande de M. L. Lapicque. Suivant ses conseils, nous avons tout d'abord injecté comparativement à des Cobayes ou à des Rats, par la voie intrapéritonéale, des doses de 1 à 10^{cg} de glucose et de sorbitol, ce polyalcool ne différant du glucose que par la substitution d'une fonction alcool à la fonction aldéhyde.

Avec le glucose, nous avons retrouvé l'allongement décrit précédemment; les chronaxies passent, en 10 à 15 minutes, à des chiffres 3 à 6 fois plus élevés que normalement; la durée de l'évolution et l'ampleur du phénomène dépendent de la dose; le retour à la normale est progressif et toujours réalisé une heure après injection. Le phénomène disparaît sur l'animal anesthésié ou après section du nerf; il ne s'agit donc pas d'une action nerveuse directe, mais du retentissement d'une atteinte encéphalique, c'est-à-dire d'un processus rentrant dans la subordination (L. Lapicque); et cette atteinte est dépressive, puisque les chronaxies augmentent. Avec le sorbitol au contraire, il n'a jamais été possible d'enregistrer de variations d'excitabilité : les chronaxies restent normales. Aux doses utilisées, ce corps est dépourvu d'action nerveuse; nous avons constaté qu'il en est de même avec un autre polyalcool dérivé du mannose, le mannitol.

Nous avons entrepris, en outre, l'étude d'autres glucides : hexoses à fonction cétone ou aldéhyde, tels que le lévulose et le galactose, et diholosides (sucres en C_{12}), tels que le saccharose, la lactose et le maltose.

Seule l'injection de lévulose ou fructose (hexose à fonction cétone) provoque les mêmes effets que celle du glucose, mais avec une amplitude un peu plus faible. Par contre tous les autres sucres envisagés sont inactifs. Signalons simplement une très faible et très fugace augmentation des chronaxies avec des doses faibles de galactose : les chronaxies ne doublent pas et tout est rentré dans l'ordre en 5 minutes au plus; aux doses plus élevées, le phénomène ne se manifeste plus. En dépit de sa fonction aldéhyde, cet hexose n'est donc pas comparable au glucose et au lévulose. Ce fait nous apporte un nouvel exemple du comportement très spécial du galactose dans l'organisme, souvent signalé en d'autres domaines. Rappelons notamment la possibilité qu'a ce sucre de

(2) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 79.

provoquer des troubles nerveux graves chez les sujets en recevant une forte proportion dans leur régime (déséquilibre alimentaire au galactose), alors que dans les mêmes conditions le glucose est bien supporté ([3]). Le galactose étant sans effet sur l'excitabilité, on comprend que, dans les déséquilibres glucidiques alimentaires qu'il conditionne, puissent se produire, de même que dans l'avitaminose B, des allongements de chronaxie nerveuse d'origine hypoglycémique ([4]).

Nos observations montrent d'autre part que la combinaison dans les diholosides de deux hexoses actifs (glucose ou lévulose), comme dans le saccharose ou le maltose, ou l'association d'un de ces hexoses au galactose, comme dans le lactose, abolit toute activité. Leur hydrolyse dans l'organisme se révèle ainsi ou trop lente ou insuffisante.

Nous pouvons donc conclure que l'action dépressive exercée par un excès de glucose sur les centres nerveux est un phénomène quasi spécifique de ce glucide, lié à son utilisation principale par l'organisme; aussi ne la rencontre-t-on qu'atténuée pour le lévulose. Le galactose, le saccharose, le maltose, le lactose, le sorbitol et le mannitol se montrent par contre sans activité.

La séance est levée à 17^h.

L. B.

([3]) L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1068; R. Lecoq, *ibid.*, **196**, 1933, p. 807.

([4]) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 211.

ERRATA.

(Séance du 31 janvier 1944.)

Note de M. *Léopold Escande*, Expression de la perte de charge à la traversée d'une grille :

Page 180, formule (2'), *au lieu de* $\left[\frac{\lambda^2}{K-\lambda(1-K)^2}+1\right]$, *lire* $\left[\frac{\lambda^2}{[K-\lambda(1-K)]^2}+1\right]$.

Page 181, lignes 11 et 12, *au lieu de* C_1, ξ_1, (1) et (1'), *lire* C_2, ξ_2, (2) et (2').

(Séance du 25 septembre 1944.)

Note de MM. *Edmond Brun* et *Robert Caron*, Étude au voisinage d'un obstacle, de particules en suspension dans un courant fluide :

Page 308, supprimer le graphique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Alexis Carrel**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, survenu à Paris, le 5 novembre 1944.

PLIS CACHETÉS.

M. **René Risser** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 avril 1944 et enregistré sous le n° 11967.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient trois Notes intitulées *Note sur les courbes de distribution statistique; Étude spéciale du type de tirages de boules d'une urne renfermant des boules de deux couleurs, dans l'hypothèse de non remise des boules après tirage; Note relative à l'équation caractéristique des surfaces de probabilité.*

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an 1945. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins.

Georges Igolen. *Contribution à l'étude de la Composition chimique de l'Essence de Lavandin.* Thèse présentée à la Faculté des sciences de Marseille pour l'obtention du titre de docteur de l'Université d'Aix-Marseille (mention Sciences).

ALGÈBRE. — *Hypergroupes extramoduliformes et moduliformes.* Note (¹) de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Je définis dans cette Note certains types d'hypergroupes qui interviennent dans la théorie de la ramification. J'utilise mes Notes précédentes (²), dont je conserve les notations.

(¹) Séance du 6 novembre 1944.

(²) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1026 (sera citée comme K 1) et **219**, 1944, p. 445 (sera citée comme K 2).

I. *Caractères d'une extension corpoïdale sans torsion.* — Un corpoïde Q est dit *sans torsion* si son groupe G n'a aucun élément d'ordre fini sauf son unité. Q/q étant une extension corpoïdale de degré fini commutative et sans torsion (toutes les extensions corpoïdales dont il sera question dans cette Note seront sous-entendues être telles; en particulier, l'extension squelettique S/s d'une extension valuée l'est), et Q'/q étant une surextension galoisienne de Q/q, un $\sigma \in g_{Q/q}$ induit sur le corps K de Q un isomorphisme $z_\sigma \in g_{K/k}$ (dans le corps K' de Q'). Une application χ de l'ensemble $Q^\star$ des éléments non nuls de Q dans K' sera appelé un *caractère de* Q/q *dans* K' si : 1° pour tout $a, b \in Q^\star$, $\chi(ab) = \chi(a).\chi(b)$; 2° il existe un $z \in g_{K/k}$ tel que, pour tout $a \in K^\star = Q^\star \cap K$, $\chi(a) = za:a$; 3° pour tout $a \in q^\star = Q^\star \cap q$, $\chi(a) = 1$. Si $\sigma \in g_{Q/q}$, l'application $\chi_\sigma = \{a \to \sigma a : a\}(a \in Q^\star)$ est un caractère de Q/q dans K' avec $z = z_\sigma$, et l'on démontre que les caractères de cette forme, dont l'ensemble (indépendant de K') sera noté $\mathfrak{X}_{Q/q}$, sont les seuls possibles. α étant un nombre d'un corps K, et $\bar{\sigma}$ étant un isomorphisme d'un sous-corps $\overline{K}$ de K, notons $\sigma\alpha$ l'ensemble des $\sigma\alpha$, σ parcourant tous les isomorphismes de K prolongeant $\bar{\sigma}$. On démontre que si l'on organise $\mathfrak{X}_{Q/q}$ par la loi de composition ([3]) $\chi'\chi''(a) = \chi'(a).z_{\chi'}\chi''(a)$ $(\chi', \chi'' \in \mathfrak{X}_{Q/q})$, cet ensemble devient un hypergroupe, dit *hypergroupe des caractères de* Q/q, et la correspondance $\chi_\sigma \to \sigma$ est un isomorphisme de cet hypergroupe avec $g_{Q/q}$. Ainsi, à tout sous-hypergroupe $\overline{\mathfrak{X}}$ de $\mathfrak{X}_{Q/q}$ correspond un sous-hypergroupe $\bar{g}$ de $g_{Q/q}$, et le corpoïde $\overline{Q}$ appartenant à $\bar{g}$ sera dit aussi appartenir à $\overline{X}$.

L'ensemble $\mathfrak{X}_{G/g}$ des $\chi \in \mathfrak{X}_{Q/q}$ tels que, pour tout $a \in K^\star$, $\chi(a) = 1$, est simplement l'ensemble des caractères ordinaires du groupe G/g dans K'. Sa loi de composition n'est pas, en général, la multiplication ordinaire de caractères, mais un $\overline{\mathfrak{X}} \subseteq \mathfrak{X}_{G/g}$ est un sous-hypergroupe de $\mathfrak{X}_{Q/q}$ si, et seulement s'il est un sous-groupe multiplicatif de $\mathfrak{X}_{G/g}.(\mathfrak{X}_{Q/q}/\mathfrak{X}_{G/g})$ (il s'agit de quotient droit) est isomorphe et sera identifié à $g_{K/k}$. Si Q/q est galoisienne, le groupe $g_{Q/q}$ est isomorphe au produit direct $g_{K/k} \times \mathfrak{X}_{G/g}$. Le corpoïde Q_T appartenant à $\mathfrak{X}_{G/g}$ sera dit le *corpoïde d'inertie de* Q/q.

II. *Hypergroupes extramoduliformes et moduliformes.* — Soit Q'/q une extension corpoïdale galoisienne. Si $a_1, a_2 \in Q'$ et si $\chi_1, \chi_2 \in \mathfrak{X}_{Q'/q}$, les couples $e_1 = (a_1, \chi_1)$ et $e_2 = (a_2, \chi_2)$ sont dits *composables*, si a_1 et a_2 sont addibles; et, dans ce cas, *le composé* $e_1 e_2$ *de* e_2 *par* e_1 sera, par définition, le couple $[a_1 + \chi_1(a_2).a_2, \chi_1\chi_2]$. Un ensemble $E \subseteq Q' \times \mathfrak{X}_{Q'/q}$, organisé par cette loi de composition sera dit un *extramodule* si les $e \in E$ sont composables deux à deux et si, pour tous $e_1, e_2 \in E$, on a $e_1 e_2 \in E$. Un extramodule est un groupe.

La projection A_E d'un extramodule E sur Q' sera dite son *support*, et la projection $\mathfrak{X}_E$ de E sur $\mathfrak{X}_{Q'/q}$ en est dit le *groupe de caractères* (c'en est un).

([3]) Les signes + et . ne seront employés que pour désigner l'addition et la multiplication.

Un $M \subseteq \gamma = \gamma^* \cup \{o\}$, où γ^* est un élément de G', est le support d'un extramodule convenable si, et seulement si, pour tout $m \in M$, il existe un $\sigma_m \in g_{Q'/q}$ tel que $M + m = \sigma_m M$.

Soit g_E le sous-ensemble de $g_{Q'/q}$ correspondant à $\mathfrak{X}_E$. L'ensemble des $a \in A_E$ tels que $(a, 1) \in E$ est un g_E-module M_E dit le *module* de E. Un extramodule E sera dit *pur* si $M_E = \{o\}$. L'ensemble N_E des $e \in E$ tels que $\chi_e \in \mathfrak{X}_{G'/g}$ sera appelé le *noyau linéaire* de E. Si $E = N_E$, il sera dit un extramodule *linéaire*.

L'ensemble $\mathfrak{J}_E$ des $\chi \in \mathfrak{X}_{Q'/q}$ tels que $(o, \chi) \in E$ sera appelé le *groupe unitaire* de E, et le sous-corpoïde Q_E de Q' appartenant à $\mathfrak{J}_E$ sera dit le *corpoïde unitaire* de E. Si Q est un corpoïde entre Q_E et Q', l'hypergroupe $E^{(Q)}$, quotient droit E/E_Q de E par $E_Q = \{o\} \times \mathfrak{X}_{Q'/Q}$, sera dit un Q-*hypergroupe extramodulimorphe*, dont $N_E^{(Q)} = (N_E . E_Q/E_Q)$ sera dit le *noyau linéaire*, et dont $M_E^{(Q)} = (M_E \times \mathfrak{X}_{Q'/Q})/E_Q$ (qui, en tant qu'ensemble, sera identifié avec M_E) sera dit l'*hypergroupe moduliforme*. Si $E^{(Q)} = N_E^{(Q)}$, il est dit un Q-*hypergroupe linéaire*, et si $E^{(Q)} = M_E^{(Q)}$, il est dit un Q-*hypergroupe moduliforme*. Un Q-hypergroupe moduliforme est déterminé par la donnée de son support M et du corpoïde Q, car, si $< \mu >_Q$, $\mu \in Q'$ désigne l'ensemble des conjugués de μ dans Q'/Q, on a $(\mu \times \mathfrak{X}_{Q'/Q})(\mu' \times \mathfrak{X}_{Q'/Q}) = (\mu + < \mu' >_Q) \times \mathfrak{X}_{Q'/Q}$. Si $M \subseteq Q'$ est un module *invariant* de Q'/Q (autrement dit, un $g_{Q'/Q}$-module), il est un hypergroupe, noté $[M; Q]$, par rapport à cette loi de composition, et $[M; Q]$ est l'unique hypergroupe Q-moduliforme dont M soit le support. Le quotient gauche de $[M; Q]$ par son unité (égal au quotient central de $M_E \times \mathfrak{X}_{Q'/Q}$ par E_Q) est commutatif. Un $\overline{M} \subseteq M$ est un sous-hypergroupe de $[M; Q]$ si, et seulement si $\overline{M}$ est un module invariant de Q'/Q.

Soient d l'exposant de γ^* par rapport au groupe G de Q, $\overline{d}$ le plus grand facteur de d, premier à la caractéristique p de k, ψ l'exposant de p (mod $\overline{d}$); on peut choisir Q' de manière qu'il existe un $a \in \gamma^*$ tel que $a^d \in Q$. Alors $M' = M : a$ est un module de K' d'espèce (¹) $(K; \psi)$ (où K est le corps de Q), et la correspondance $m \to m : a$ $(m \in M)$ est un isomorphisme de $[M; Q]$ avec M' organisé en hypergroupe par la loi de composition o telle que $\alpha \circ \beta = \alpha + \mathcal{E}_d^{(K')} . < \beta >_K$ $(\alpha, \beta \in M')$, où $\mathcal{E}_d^{(K')}$ est le groupe des racines d-ièmes de l'unité dans K', et où $< \beta >_K$ est l'ensemble des conjugués de β par rapport à K; cet hypergroupe sera noté $[M'; K, d]$. Si le nombre d'éléments de $[M; Q] \simeq [M'; K, d]$ est fini, il est une puissance de p^ψ. $\overline{M'} \subseteq M'$ est un sous-hypergroupe de $[M'; K, d]$ si, et seulement s'il est un module d'espèce $(K; \psi)$. Ainsi, en vertu du théorème 1 de la première de mes Notes citées (¹), les questions de structure de $[M; K, d] \simeq [M; Q]$ se ramènent à celles de la divisibilité dans l'anneau $W(\psi; K)$.

Un hypergroupe Q-extramodulimorphe $E^{(Q)}$ est primitif (c'est-à-dire n'admet aucun sous-hypergroupe autre que lui-même et son unité) si, et seulement si, ou bien $N_E^{(Q)} = \{I\}$ (où I est l'unité de $E^{(Q)}$) et $X_E/X_{Q'/Q}$ est un sous-hypergroupe

primitif de $g_{K/k}$, ou bien $E^{(Q)} = N_E^{(Q)}$ et est d'ordre premier $q \neq p$, ou bien (si $p \neq 0$), $E^{(Q)} = M_E^{(Q)} = [M; Q]$ et M est un $g_{Q'/q}$-module simple [ou, ce qui revient au même, $\lambda_{M'}(M' = M : a,\ a \in \gamma^{\star},\ a^{d} \in Q)$ est un élément premier de $W(\psi; K)$]. Si $Q = Q_E$, $E^{(Q)}$ sera dit un *hypergroupe extramoduliforme*. Un hypergroupe moduliforme est extramoduliforme.

CALCUL DES VARIATIONS. — *Étude métrique des espaces de Finsler. Nouvelles méthodes pour les théorèmes d'existence en calcul des variations.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. On considère un ds positif de Finsler, $ds = f(M, dM)$, défini sur un domaine D de l'espace à n dimensions, à indicatrice $f(M, \vec{u}) = 1$ convexe et variant continûment avec M. Soit E l'espace métrique attaché à ce ds, en appelant distance de deux points de E la borne inférieure de la f-longueur des arcs joignant ces points.

Théorème. — *Soient ds_1 et ds_2 deux ds de Finsler satisfaisant aux conditions ci-dessus,* E_1 *et* E_2 *les espaces métriques correspondants. Si* E_1 *et* E_2 *sont isométriques, l'homéomorphie engendrée entre* D_1 *et* D_2 *par cette isométrie est telle que* 1° *les indicatrices en deux points homologues sont les transformées linéaires l'une de l'autre;* 2° *cette homéomorphie est continûment différentiable sur l'ensemble ouvert* Ω *des points en lesquels l'indicatrice n'est pas linéairement équivalente à une variété de révolution; sur le complémentaire de* Ω, *l'homéomorphie peut ne pas être différentiable sur un ensemble partout dense; toutefois elle reste d'un type simple;* 3° *on peut, à partir de la seule donnée de l'espace* E *attaché à un ds, déterminer un ds' qui admette* E *comme espace métrique associé.*

Remarque. — Les espaces de Finsler et surtout de Riemann apparaissent ici comme susceptibles de paramétrages irréguliers. Aussi est-on conduit à en faire l'étude à partir d'éléments intrinsèques, autrement dit à donner à l'espace E associé à un ds une importance qui ne soit pas masquée par celle du caractère linéaire local de ce ds. D'où des définitions intrinsèques des volumes, etc.

II. Considérons un $ds = f(M, dM)$ positif à indicatrice quelconque, mais variant continûment avec M dans un domaine D. Soit $\overset{\star}{ds}$ le ds qui a pour indicatrice la plus petite enveloppe convexe de l'indicatrice du ds donné.

Définition. — On appelle *quasi géodésique* absolue (resp. relative) d'un ds tout arc γ de D joignant deux points A et B et tel qu'il existe dans tout voisinage de γ des arcs $\widehat{AB}$ de f-longueur arbitrairement voisine de la borne inférieure absolue (resp. relative) de la f-longueur des arcs joignant A et B.

Théorème. — *Les quasi géodésiques d'un ds sont identiques aux géodésiques du $\overset{\star}{ds}$ associé.*

Il en résulte aussitôt pour tout ds l'existence de quasi géodésiques absolues joignant deux points.

III. Considérons un ds positif à deux variables $ds = f(x, y, dx, dy)$ à indicatrice variant continûment avec (x, y).

Définition. — Soit $\mathcal{C}$ un champ de courbes C_λ homéomorphe à un faisceau de parallèles $\lambda = \text{const.}$, en tout point duquel la tangente à ces courbes varie continûment. On dit que $\mathcal{C}$ constitue un champ de transversales de gauche à droite lorsque, si M_1 et M_2 sont deux points quelconques de C_λ, les f-distances de M_1 et M_2 à la courbe $C_{\lambda+d\lambda}$ (où $d\lambda > 0$) infiniment voisine sont uniformément équivalentes.

Il est alors immédiat que tout arc $\widehat{AB}$ coupant les courbes C_λ transversalement de gauche à droite, sauf au plus aux points d'un ensemble de longueur nulle, est une *géodésique relative* entre deux quelconques de ses points.

En général le faisceau de ces géodésiques ne contient aucun faisceau homéomorphe à un faisceau de parallèles. *On généralise donc effectivement* la méthode de Darboux-Kneser, lorsqu'on définit les champs de transversales indépendamment des champs d'extrémales.

Application. — Sous les hypothèses classiques de dérivabilité, la courbure ordinaire d'une géodésique s'écrit

$$\frac{1}{R} = \frac{\mathcal{R}\sin\theta}{\rho}\left[\frac{\partial\theta}{\partial\vec{t}} + \sin\theta\,\frac{\partial\log\rho}{\partial\vec{\tau}}\right];$$

$\vec{t}$ est la tangente orientée à la géodésique, $\vec{\tau}$ la direction transversale, ρ le rayon vecteur de l'indicatrice porté par $\vec{t}$, $\mathcal{R}$ le rayon de courbure de l'indicatrice au point correspondant, θ l'angle $\widehat{\vec{t}, \vec{\tau}}$.

IV. Considérons un ds positif à deux variables et son associé $\overset{\star}{ds}$ définis dans un domaine D. On va ici étudier les géodésiques et quasi géodésiques absolues issues d'un point, et établir leur existence sans utiliser la notion de semi-continuité, en nous basant sur un théorème d'existence des solutions d'une équation différentielle généralisée.

Si O est un point de D, on appelle cercle (O, ρ) le lieu des points M de D tels que la plus courte f-distance de O à M soit égale à ρ. En général un f-cercle comprend plusieurs composantes connexes : ce fait est lié à la non-unicité de certaines géodésiques absolues $\overrightarrow{OM}$, et à l'existence de points d'arrêt sur certaines géodésiques (exemple : pour les géodésiques d'une surface convexe, certains points à courbure maxima).

Lorsque tout f-cercle (O, ρ) possède en tout point deux demi-tangentes variant continûment de chaque côté (exemple : cas analytique), on peut définir en chacun de ses points M un faisceau $\varphi(M)$ de directions transversales au f-cercle relativement au ds et un faisceau $\varphi^\star(M)$ contenant $\varphi(M)$ et relatif au $ds^\star$. On peut énoncer, en appelant δ la f-distance de O à la frontière de D :

Théorème. — *Pour tout point* P *intérieur au f-cercle* (O, δ), *il existe des arcs*

dont le contingent en tout point M *est contenu dans* $\varphi^*(M)$. *L'ensemble de ces arcs est identique à l'ensemble des quasigéodésiques absolues* $\widehat{\overrightarrow{OM}}$. *Tout arc-intégrale du champ* $\varphi^*(M)$ *est contenu dans un arc-intégrale contenant* O.

Ces résultats ne sont plus valables pour le champ $\varphi(M)$. Toutefois ils le restent, dans le cas d'un *ds* analytique, sous des conditions très larges.

Au cas d'un *ds* quelconque, ces résultats peuvent s'étendre; on définit pour cela le contact, la transversabilité, pour des courbes n'ayant pas forcément de tangente au point considéré.

Application. — Si l'on a dans un cercle C de centre O un champ d'éléments de contact $\overrightarrow{Mt}$ continus dans $(C - O)$ et tels que $\widehat{OM, Mt} \to O$ avec OM, il existe un *ds* riemannien dont les géodésiques absolues issues de O sont identiques aux solutions de ce champ différentiel.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Sur un problème de statistique classique.* Note de M. **Evry Schatzman.**

Considérons un mélange de corps dans des conditions physiques telles que les atomes soient complètement ionisés, ou puissent être considérés comme tels. De quelle façon les différentes espèces chimiques vont-elles se répartir en hauteur, si l'on place le mélange dans un champ de pesanteur vertical, d'intensité g? Ce problème est essentiel dans l'étude de la constitution interne des naines blanches.

Considérons deux noyaux d'espèce i et j, de masse m_i et m_j, de charge Z_i et Z_j, placés à la même cote z. *Si nous supposons une stratification des températures*, l'énergie cinétique moyenne de ces deux particules est la même, seule diffère leur énergie potentielle.

Cherchons maintenant les équations qui déterminent la répartition en hauteur des différentes espèces d'atomes.

1. L'équation d'équilibre hydrostatique est

$$\frac{dP}{dz} = -g\rho = -g\Sigma m_i n_i, \tag{1}$$

n_i étant le nombre d'atomes d'espèce i par centimètre cube à la cote z.

2. Divisons le volume étudié en *tranches* horizontales de hauteur Δz_k. Soit p la quantité de mouvement que possède un noyau quelconque. Soit n_{ikp} le nombre de noyaux d'espèce i placés au voisinage de la cote z_k dans la tranche Δz_k et de quantité de mouvement p. Le nombre d'états possibles pour une particule est g_{ikp}. Écrivons les conditions auxquelles satisfont les n_{ikp}. La méthode des multiplicateurs de Lagrange nous donnera la solution cherchée.

Si $\mathfrak{N}$ est le nombre total d'électrons par centimètre cube au niveau z_k, on a

$$\sum_{ip} Z_i n_{ikp} = \mathfrak{N}_k = \mathfrak{N}\,\Delta z_k$$

L'énergie totale au niveau z_k est

$$\sum_i n_{ikp}\left(m_i g z_k + \frac{p^2}{2m_i}\right) = \varepsilon_k;$$

le nombre de noyaux d'espèce i par centimètre cube au niveau z_k est

$$\sum_p n_{ikp} = n_{ik};$$

le nombre total de particules d'espèce i dans le récipient est

$$\sum_{kp} n_{ikp} = N_i;$$

le nombre de complexions pour l'ensemble des noyaux d'espèce quelconque dans la tranche Δz_k est

$$X_k = \prod_i \frac{n_{ik}}{\pi_p n_{ikp}!} g_{ikp}^{n_{ikp}}.$$

Écrivons que l'on a l'état le plus probable : il vient

$$n_{ik} = (2S_i + 1)\Delta z_k \left(\frac{2\pi m_i}{\mu_k h^2}\right)^{\frac{3}{2}} \exp(-\lambda'_i - \lambda_k Z_i - \mu_k m_i g z_k),$$

s_1 étant le spin du noyau d'espèce i.

Les multiplicateurs sont définis par les relations

(2) $$K_i = \int \left(\frac{1}{\mu(z)}\right)^{\frac{3}{2}} \exp[-\lambda(z) Z_i - \mu(z) m_i g z]\, dz,$$

(3) $$\sum_i \frac{Z_i N_i}{K_i}\left(\frac{1}{\mu(z)}\right)^{\frac{3}{2}} \exp[-\lambda(z) Z_i - \mu(z) m_i g z] = \mathfrak{N},$$

et par conséquent

(4) $$n_i = \left(\frac{1}{\mu}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{N_i}{K_i} e^{-Z_i\lambda(z) - \mu(z) m_i g z} \qquad \left(\mu = \frac{1}{kT}\right).$$

Si la relation entre P et $\mathfrak{N}$ et les n_i est connue, l'ensemble des équations (1), (2), (3), (4) détermine complètement la répartition statistique en hauteur des différentes espèces d'atomes.

On démontre aisément que les maxima de densités des différentes espèces atomiques se répartissent de bas en haut suivant les m_i/Z_i décroissants.

HYDRAULIQUE. — *Méthodes nouvelles pour le calcul des chambres d'équilibre.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Les méthodes analytiques permettent de résoudre les problèmes usuels concernant les chambres d'équilibre : elles ne donnent pourtant pas de résultat dans de nombreux cas qui peuvent se rencontrer dans la pratique, en particulier

celui des chambres à section horizontale variable ou celui de plusieurs cheminées installées sur un même canal d'amenée, en tenant compte des pertes de charge. Il n'existe pas, dans ce cas, de solution technique, les méthodes de calcul par approximations successives qui ontété é proposées parfois conduisant à des calculs pratiquement inextricables. Nous avons mis au point une méthode nouvelle qui, au moyen de calculs numériques d'ailleurs assez longs, permet de résoudre, avec une approximation plus que suffisante, tous les problèmes techniques.

La Note actuelle envisage seulement le cas d'une chambre d'équilibre unique, dont la section horizontale F, à la cote Z du plan d'eau, au-dessus du niveau statique, à un instant t, peut être variable avec Z; soient alors W la vitesse, comptée positivement vers la chambre, dans le canal d'amenée, de longueur L, de section f, $V = dZ/dt$ la vitesse ascensionnelle du plan d'eau dans la chambre, Q le débit absorbé par les turbines, $P = KW^2$ la perte de charge dans le canal d'amenée, $R = \lambda F^2 V^2$ celle qui existe dans l'étranglement. On a les équations fondamentales

$$fW = FV + Q, \tag{A}$$

$$V = \frac{dZ}{dt}, \tag{B}$$

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{F}\left[V\frac{dF}{dt} + \frac{dQ}{dt} + \frac{gf}{L}(Z + \varepsilon KW^2 + \varepsilon'\lambda F^2 V^2)\right], \tag{C}$$

ε, ε' ayant pour valeur absolue l'unité et pour signes respectivement ceux de W et de V. Dans le cas le plus général, $Q(Z, t)$ est une fonction donnée de Z et de t, pour chaque manœuvre du régulateur.

La méthode que nous proposons repose sur un calcul aux différences finies, de proche en proche. On part des valeurs Z, V, supposées connues à un instant t : on en déduit Q et F, puis W, fourni par (A). On considère un accroissement arbitraire Δt de t; il lui correspond, d'après (B), un accroissement

$$\Delta Z = V\Delta t,$$

dont la valeur détermine celles de ΔF, ΔQ et ΔV, donnée, d'après (C), par

$$\Delta V = \frac{-1}{F}\left[V\Delta F + \Delta Q + \frac{gf}{L}(Z + \varepsilon KW^2 + \varepsilon'\lambda F^2 V^2)\Delta t\right]. \tag{D}$$

On obtient donc un nouvel ensemble de valeurs correspondantes $t + \Delta t$, $Z + \Delta Z$, $V + \Delta V$ et le calcul se poursuit ainsi, de proche en proche. Par abréviation, nous désignerons désormais cette méthode aux différences finies sous le nom de méthode D. F.

Nous avons également utilisé une méthode semi-graphique reposant, comme la méthode graphique de MM. Calame et Gaden, sur la construction de la courbe V(Z), à partir des cercles de courbure. Les pentes des normales suc-

cessives sont calculées au moyen de la première des deux relations suivantes, elles-mêmes déduites des équations (A), (B), (C),

$$(E)\qquad -\frac{1}{\dfrac{dV}{dZ}}=\frac{FV}{V^2\dfrac{dF}{dZ}+\dfrac{dQ}{dt}+\dfrac{gf}{L}(Z+\varepsilon P+\varepsilon' R)},$$

$$(F)\qquad \frac{d^2V}{dZ^2}=\frac{1}{FV}\left\{\left(\frac{1}{F}\frac{dV}{dZ}+\frac{1}{V}\frac{dV}{dZ}\right)\left[V^2\frac{dF}{dZ}+\frac{dQ}{dt}+\frac{gf}{L}(Z+\varepsilon P+\varepsilon' R)\right]\right.$$
$$\left.-\left[2V\frac{dV}{dZ}\frac{dF}{dZ}+V^2\frac{d^2F}{dZ^2}+\frac{1}{V}\frac{d^2Q}{dt^2}+\frac{gf}{L}\left(1+\varepsilon\frac{dP}{dZ}+\varepsilon'\frac{dR}{dZ}\right)\right]\right\},$$

la seconde relation étant utilisée pour le calcul du rayon de courbure initial ρ_0. La construction de la courbe V(Z) se fait de proche en proche.

Dans ce qui précède, seuls les principes généraux sont exposés; les applications font apparaître les nuances à respecter pour obtenir une bonne approximation.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les rapports entre la Logique et la Physique théorique.* Note (¹) de Mme **Paulette Destouches-Février.**

1. Selon la conception classique, la logique est universelle, et normative *a priori*; par suite les connaissances acquises sur le monde extérieur sont sans influence sur elle et elle ne fournit aucune connaissance particulière. Les résultats qui suivent prouvent que cette opinion est erronée et qu'une théorie physique quelconque ne peut s'exprimer ni dans une logique universelle *a priori*, ni dans une logique choisie arbitrairement; dans une logique donnée, seules certaines théories physiques peuvent s'exprimer et une théorie physique contenant des énoncés expérimentaux satisfaisant à certaines lois ne peut être construite que selon une logique satisfaisant à certaines conditions précises.

2. Une théorie physique a pour but principal de permettre de calculer des prévisions à partir de résultats de mesures initiales; pour effectuer ces calculs en dehors de toute hypothèse physique particulière, un formalisme appelé *théorie générale des prévisions* a été constitué (²); dans ce formalisme, à chaque énoncé d'un résultat de mesure est associé un ensemble d'éléments abstraits dits *éléments initiaux* (fonctions d'ondes initiales). On établit que l'ensemble des éléments initiaux peut être plongé dans un espace topologiquement affine, qu'à un élément initial déterminé correspond biunivoquement une droite passant par l'origine, qu'à l'ensemble des éléments initiaux associés à un résultat de mesure correspond une multiplicité linéaire (ou hyperplan) passant par l'origine, et qu'une telle multiplicité ne peut provenir que d'un seul résultat possible

(¹) Séance du 9 octobre 1944.

(²) Jean-Louis Destouches, *Principes fondamentaux de Physique théorique*, 2, Chap. VII, Paris, 1942.

d'une grandeur ou de grandeurs équivalentes à celle-ci. Par suite *à un énoncé de résultat de mesure se trouve associé un énoncé d'appartenance d'un point à une multiplicité linéaire.* On voit alors facilement qu'en ce qui concerne la liaison logique de deux énoncés de résultats de mesures, la conjonction *et* correspond à l'intersection des multiplicités, l'implication à l'inclusion, l'équivalence logique à l'identité, la négation d'un énoncé de résultat de mesure à la multiplicité complémentaire orthogonale. La conjonction *ou* prend deux sens : un sens *fort*, opération de *mélange*, auquel correspond la réunion, et un sens *faible*, superposition à amplitude quelconque auquel correspond la somme directe. Ainsi *au calcul logique sur les énoncés de résultats de mesures correspond un calcul sur les multiplicités linéaires associées. De ce fait le calcul logique utilisé pour les résultats de mesures ne peut être quelconque.*

3. Si l'on appelle *grandeur d'état* une grandeur dont toutes les autres dérivent, à toute valeur de cette grandeur, c'est-à-dire à tout *état*, correspond une valeur déterminée pour toute autre grandeur et une certaine multiplicité linéaire définie par des éléments initiaux. Toute multiplicité linéaire associée au résultat d'une grandeur quelconque est formée par une somme directe de multiplicités associées à un résultat de la grandeur d'état. Un résultat de mesure de la grandeur d'état peut être représenté par un point d'un espace à n dimensions si cette grandeur est de rang n; un résultat de mesure d'une grandeur quelconque sera alors représenté par une certaine hypersurface dans l'espace des états (ou extension en phases). Au calcul logique sur les énoncés de résultats de mesures correspond ici un calcul sur les hypersurfaces de l'espace des états. On vérifie que ce calcul est une Algèbre de Boole; par suite on a nécessairement la logique classique L_0; donc *si une théorie physique est telle que les systèmes observables possèdent une grandeur d'état, la logique régissant les énoncés de résultats de mesures est la logique bivalente classique* L_0. On démontre qu'il y a grandeur d'état s'il y a déterminisme (apparent ou caché) ou si toutes les grandeurs sont en droit (mais non nécessairement en fait) simultanément mesurables. Ce cas se présente en particulier en Mécanique classique, et l'on retrouve ainsi un théorème de MM. Birkhoff et von Neumann [3].

4. Dans une théorie où il n'y a pas de grandeur d'état, c'est-à-dire où il existe des grandeurs non simultanément mesurables, à deux résultats de mesures incompatibles correspondent des multiplicités linéaires qui n'ont en commun que l'origine; si on lie une paire de telles propositions par la conjonction *et*, à ce produit logique sera associé le point O qui ne contient aucun élément initial; il en est de même pour l'énoncé d'un résultat de mesure exclu par la quantification. Ainsi certaines paires de propositions ne peuvent être jointes par la conjonction *et* suivant les règles du calcul classique des propo-

---

(3) *Annals of Math.*, 36, 1936, p. 636.

sitions, et l'on doit utiliser nécessairement une *logique de complémentarité;* la plus forte est celle que nous avons définie autrefois ([4]). Le calcul sur les multiplicités linéaires suit des lois différentes du fait qu'à toute proposition exclue correspond le point O. On peut montrer que, si, dans une théorie physique, il existe une paire de grandeurs non simultanément mesurables en droit, il y a indéterminisme essentiel et réciproquement (cas de la Mécanique ondulatoire); *il est alors nécessaire d'utiliser une logique nouvelle, dite de complémentarité et subjectivité.*

5. On montre que les théories physiques peuvent se ramener soit au cas où il y a déterminisme et grandeur d'état, soit au cas où il y a indéterminisme essentiel; par conséquent on utilisera suivant le cas soit la logique classique (ou une logique plus faible), soit une logique de complémentarité (à valence non définie). Pour prouver l'indéterminisme essentiel d'une théorie physique, il suffit de prouver qu'il existe en droit (et non seulement en fait) deux grandeurs non simultanément mesurables; ceci est réalisé si les probabilités s'expriment par une puissance autre que l'unité des composantes des éléments de prévision en ce qui concerne les grandeurs au sens élargi, mais on ne peut prouver sans hypothèse particulière que toutes les grandeurs mesurables en fait ne seront pas simultanément mesurables deux à deux.

SPECTROSCOPIE. — *Analyse des spectres d'absorption infrarouges de tartrates métalliques. Application à la constitution des sels racémiques.* Note ([1]) de MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Quoique l'étude de la structure moléculaire des sels métalliques des quatre acides tartriques ait retenu l'attention de nombreux chercheurs, il ne semble pas que l'on ait, jusqu'à présent, recouru aux spectres d'absorption infrarouges. Ceux-ci, on le sait, se montrent particulièrement aptes à mettre en évidence des différences de structure, même très légères, entre deux composés, à condition que les éléments de symétrie de la molécule ne restent pas les mêmes.

C'est pourquoi, nous avons, par la méthode des poudres, mesuré, entre 700 et 1600 cm^{-1} (et parfois aussi entre 550 et 700 cm^{-1}), les spectres d'absorption de 11 tartrates droits, de 6 tartrates gauches, de 8 mésotartrates et de 7 racémates se rapportant à différents cations.

a. Comme on pouvait le prévoir, les résultats des tartrates droits se montrent, aux erreurs d'expérience près, identiques à ceux des tartrates gauches correspondants. b. Les mésotartrates donnent des spectres pauvres en bandes, où l'on observe seulement la moitié environ des maxima des tartrates actifs. c. Les

---

([4]) *Comptes rendus*, 204, 1937, pp. 481 et 948.

([1]) Séance du 6 novembre 1944.

racémates conduisent à un nombre de bandes intermédiaire entre celui des constituants actifs et celui du composé inactif par nature.

Ces résulats s'interprètent par de simples considérations de symétrie et fournissent des indications sur la structure des tartrates racémiques. Nous adopterons un modèle moléculaire dans lequel les deux tétraèdres symboliques sont tournés, l'un par rapport à l'autre, de 60°, autour de la droite joignant les centres de gravité. La projection horizontale de la figure se présente alors comme un hexagone. Dans la forme active, les groupements OH, COO et H sont disposés aux sommets des tétraèdres de façon qu'il n'y ait pas d'élément de symétrie; dans ces conditions, toutes les vibrations donneront naissance, à la fois, à des bandes infrarouges et à des raies Raman; on observe en effet un spectre assez fourni en bandes. Pour la forme inactive par nature, les mêmes groupements se placent aux sommets des tétraèdres, de manière que la figure présente un centre de symétrie, ce qui empêche toute fréquence de l'un des deux spectres d'absorption ou de diffusion de se retrouver dans l'autre. On en déduit que le spectre d'absorption infrarouge des mésotartrates doit présenter environ deux fois moins de bandes que celui des *d* ou *l* tartrates. Indiquons en passant que ces représentations sont conformes aux règles bien établies, suivant lesquelles l'image de l'ion tartrique droit dans un miroir plan ne lui est pas superposable, alors que le contraire se produit avec l'ion tartrique inactif par nature.

Pour les racémates, on peut envisager trois hypothèses : la juxtaposition de cristaux des isomères actifs, la formation de cristaux mixtes et enfin la création d'un composé nouveau. En accord avec les récentes déterminations de MM. F. J. Taboury et R. Vauthier sur les acides tartriques, au moyen de l'analyse thermique et des spectres de rayons X, c'est seulement la dernière hypothèse qui rend compte de nos résultats expérimentaux. *On ne peut pas considérer ces racémates métalliques comme de simples mélanges des composés droit et gauche, puisque les spectres des constituants ne se retrouvent pas dans celui du produit final.*

Nous devons donc en conclure que les racémates correspondent à une structure moléculaire différente de celle de leurs constituants. Nous supposerons qu'il existe une véritable combinaison entre une molécule de tartrate droit et une molécule de tartrate gauche. Cet ensemble racémique possède alors un centre de symétrie. Comme dans tous les cas analogues, pour cet édifice moléculaire aucune des vibrations actives dans la diffusion ne doit se retrouver dans l'absorption ou inversement. Nous aboutissons à la même conclusion que pour les mésotartrates, mais avec la différence qu'il faut considérer deux molécules à la fois au lieu d'une seule. Relativement à une maille cristalline formée aussi de deux molécules de tartrate droit ou de deux molécules de tartrate gauche, la maille de tartrate racémique possédera la moitié des fréquences fondamentales. Si l'on ne retrouve pas exactement ce nombre, c'est

que dans le spectre infrarouge apparaissent aussi des bandes harmoniques supplémentaires, et c'est pourquoi nous avons mesuré pour les racémates un nombre de maxima un peu supérieur à celui des mésotartrates, alors qu'en toute rigueur il eût dû être exactement le même. D'une manière générale, toutes les fois que l'on retrouvera dans le spectre de vibration d'un racémate les bandes de ses constituants, on devra conclure qu'il s'agit d'une juxtaposition ou d'une formation de cristaux mixtes. Étant donnée la facilité avec laquelle on obtient, dans notre région, les spectres d'absorption des substances en poudre, il semble que cette méthode soit appelée à rendre de grands services pour distinguer entre pseudoracémiques et racémiques vrais.

II. En regardant, dans un modèle simplifié, où les groupements (OH) et (CH) sont considérés comme ponctuels, l'ion tartrique comme formé par 10 masses vibrantes, on prévoit encore 24 vibrations fondamentales distinctes (17 planes et 7 gauches). Leur identification avec des fréquences observées reste, dès lors, fort malaisée; mais on simplifie le problème en remarquant qu'en première approximation, l'ion tartrique peut être considéré comme composé de deux parties identiques (OH)—(CH)—COO. On obtient les vibrations de cet ion en combinant deux à deux chacune des 9 vibrations de deux tels radicaux élémentaires, une fois en phase et une fois en opposition de phase et en y ajoutant 6 vibrations, qui proviennent de translations, de rotations des radicaux élémentaires et qui ne fournissent pas de modes de vibration, lorsque ceux-ci sont pris isolément. On peut admettre que les 18 premières vibrations possèdent des fréquences de même ordre de grandeur que celles du radical constituant. Exception faite des 6 dernières vibrations, la détermination des fréquences de l'ion tartrique revient à celle du groupement précité. Or, dans de nombreuses publications antérieures, nous avons attiré l'attention sur la similitude, du point de vue spectroscopique, du groupement NO^2 et de COO^- et l'on sait que, tant que l'on considère les groupements (OH) et (CH^3) comme ponctuels, ils représentent des masses sensiblement équivalentes. Aussi peut-on déterminer les fréquences approximatives de vibration de (OH)—(CH)—COO en se rapportant à celles du nitroéthane (CH^3)—(CH^2)—NO^2, ce qui donne des bases solides à l'attribution des fréquences de vibration de l'ion tartrique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Effet Raman dans les cristaux : pivotements et rotations des molécules dans les cristaux organiques.* Note de M. **Auguste Rousset**, présentée par M. Charles Fabry.

Les mouvements d'ensemble des atomes d'une même molécule sont à l'origine des raies Raman de basse fréquence qu'on observe dans les spectres de diffusion des cristaux organiques. La molécule étant assimilée à un corps solide indéformable, on peut distinguer les mouvements du centre de gravité et les changements d'orientation autour du centre de gravité supposé fixe.

Admettons que les molécules supposées réduites à leur centre de gravité constituent les points congruents d'un réseau *unique* parallélépipédique [1] : les ondes élastiques qui s'y propagent ne transportent que des vibrations de fréquence acoustique qui ne modifient que de quelques centièmes d'angström la longueur d'onde incidente.

Pour l'étude du mouvement de la molécule autour de son centre de gravité, nous la supposerons d'abord placée dans un champ de forces invariable. Ce sont les *forces de dispersion* de London [2], par lesquelles cet auteur explique l'attraction des molécules non polaires dans un liquide : dans chaque molécule existe un dipôle oscillatoire, dont le moment est proportionnel à la réfractivité α de la molécule supposée isotrope, et qui attire les dipôles qu'il induit dans les molécules voisines. Nous généraliserons les résultats de London en calculant l'action directrice de ces dipôles sur une molécule anisotrope, de réfractivités principales g_1, g_2, g_3.

Soient $OX_0Y_0Z_0$ les axes de la molécule au repos; le champ $\vec{h}$ créé en O par le dipôle d'une molécule voisine y induit un dipôle qu'il oriente ensuite; la molécule n'est en équilibre que si le champ est dirigé suivant un des axes de l'ellipsoïde. Supposons $\vec{h}$ parallèle à OZ_0 et posons $\vec{h} = H_0 \cos\omega t$. Écartons la molécule de sa position d'équilibre par trois rotations de faible amplitude θ, ψ, φ autour de X_0, Y_0, Z_0; les composantes du moment induit $\vec{m}$, suivant les axes de l'ellipsoïde des réfractivités, deviennent :

$$m_x = -g_1\psi H_0 \cos\omega t; \qquad m_y = g_2 \theta H_0 \cos\omega t; \qquad m_z = g_3 H_0 \cos\omega t;$$

celles du moment $\vec{M}$ des forces de rappel, limitées aux termes du premier ordre en θ, ψ et φ s'écrivent :

$$M_x = (g_2 - g_3)\theta H_0^2 \cos^2\omega t; \qquad M_y = -(g_3 - g_1)\psi H_0^2 \cos^2\omega t; \qquad M_z = 0.$$

La fréquence des doublets étant grande devant celle des mouvements des molécules, nous prendrons la valeur moyenne de l'accroissement d'énergie potentielle, soit

$$V - V_0 = \frac{-1}{2}(M_x\theta + M_y\psi + M_z\varphi) = \frac{1}{4}[(g_3 - g_2)\theta^2 + (g_3 - g_1)\psi^2]H_0^2.$$

Envisageons l'action de toutes les molécules environnantes; leurs doublets étant incohérents, la molécule n'est en équilibre que si le champ créé par chacune d'elles est dirigé suivant un axe de l'ellipsoïde ; l'accroissement $V - V_0$ de l'énergie potentielle de la molécule placée dans le champ des doublets des

---

(1) Quoique cette propriété ne soit pas générale, elle est valable pour la majorité des cristaux organiques et pour la *totalité* de ceux que nous avons étudiés expérimentalement jusqu'ici.

(2) Voir E. DARMOIS, *L'état liquide de la Matière*, p. 121, Paris, 1943.

molécules environnantes est donc de la forme

$$2(V-V_0)=L\theta^2+M\psi^2+N\varphi^2 \qquad (L,\ M,\ N,\ \text{positifs});$$

d'autre part l'énergie cinétique T de cette molécule est donnée par

$$2T=B\theta'^2+B\psi'^2+C\varphi'^2 \qquad (A,\ B,\ C\ \text{moments d'inertie principaux}).$$

Les équations de Lagrange conduisent aux trois relations $-A\theta''=L\theta$; $-B\psi''=M\psi$; $-C\varphi''=N\varphi$ qui montrent que le *petit mouvement général est obtenu par la superposition de trois mouvements propres périodiques, qui sont des pivotements de faible amplitude autour des axes* $X_0Y_0Z_0$ *communs à l'ellipsoïde d'inertie et à l'ellipsoïde des réfractivités.*

Dans un cristal la molécule se trouve placée dans le champ variable des molécules voisines qui pivotent aussi : c'est l'onde élastique qui rend le mieux compte des mouvements des molécules couplées; mais dans la propagation des *ondes élastiques de grande longueur* qui diffusent les radiations visibles, tout se passe comme si chaque molécule oscillait dans un champ de forces invariable, donc *les pivotements des molécules d'un cristal se font autour de leurs axes principaux d'inertie.* C'est ce que nous avons vérifié par les mesures de polarisation sur les raies *externes* du naphtalène ([3]), des paradibromo- et dichlorobenzène ([4]) cristallisés.

Si l'ellipsoïde des réfractivités est de révolution, les mouvements propres consistent : 1° *en un pivotement autour d'un axe quelconque du plan équatorial;* 2° *en une rotation continue autour de l'axe de révolution.* Les mesures de polarisation de A. Frühling et A. Kastler ([5]) sur le benzène cristallisé s'interprètent facilement si l'on suppose que les raies 55, 65 et 100 cm^{-1} correspondent au pivotement et que la raie 35 cm^{-1} correspond à la rotation autour de l'axe sénaire. En supposant que cette fréquence Raman est 6 fois plus grande que celle de la rotation de la molécule de benzène gazeux à la même température, on trouve pour le moment d'inertie de la molécule de benzène la valeur 210.10^{-40} g : cm^2, en parfait accord avec les résultats de l'étude aux rayons X.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le 2-méthylbenzthiazole, principales propriétés physiques du 2-méthylbenzthiazole.* Note de MM. **Charles Courtot** et **Jacques Metzger**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le 2-méthylbenzthiazole étudié a été préparé par la méthode de H. A. Muller ([1]), par action de la poudre de zinc, de l'anhydride acétique et

---

([3]) A. Kastler et A. Rousset, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 646; *Journal de Physique*, **2**, 1941, p. 49.

([4]) A. Rousset et R. Lochet, *Journal de Physique*, **3**, 1942, p. 146.

([5]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 998.

([1]) *Zeits. für Farbenindustrie*, 5, 1906, p. 357.

de l'acide acétique sur l'ortho-ortho'-dinitrodiphényldisulfure. Après extraction à l'éther et séchage, le produit est distillé sous vide jusqu'à constance de l'indice de réfraction. Rendement global par rapport au disulfure mis en œuvre, 70 %.

MM. J. Fraser et F. Hamer ([2]) décrivent le 2-méthylbenzthiazole comme un liquide se solidifiant à 14°.

Tchelitcheff ([3]) donne les constantes physiques suivantes : point de fusion, 14°; point d'ébullition sous 760^{mm}, 238°; sous 15^{mm}, 115°.

Dans les conditions ordinaires le 2-méthylbenzthiazole est un liquide incolore, très réfringent, possédant une odeur pyridique pénétrante et une saveur brûlante. Sous l'action combinée de l'air et de la température ou de la lumière, il se colore rapidement en brun. On le débarrasse du produit d'autooxydation formé par une distillation effectuée de préférence sous vide. C'est d'autre part un corps très avide d'eau; la moindre trace d'humidité modifiant notablement ses propriétés physiques, toutes nos mesures ont été faites sur des échantillons préalablement séchés sous vide.

Nous avons séparé par voie physique le 2-méthylbenzthiazole en plusieurs fractions de propriétés physiques différentes. Nous ne décrirons ici que la plus importante.

Le 2-méthylbenzthiazole fond à 15°,4. Il subit au refroidissement une surfusion importante : on peut le porter, sans qu'il ne cristallise, à une température inférieure de 25° à son point de fusion.

Pression (mm.)	747	730	100	17
Température d'ébullition (corr.)	240	223	165	122

Solubilité. — Il est soluble dans tous les solvants usuels à l'exception de l'eau, mais des traces d'humidité modifient les propriétés du méthylbenzthiazole, comme nous l'avons dit.

Densité, d_4 1,1697 ($\pm$ 0,0003); tension superficielle mesurée à 25°, au moyen de l'appareil de Dognon et Aribat $\gamma_{25} = 39,6$ dynes/cm.

Propriétés optiques. — Indice de réfraction, dispersion, réfraction moléculaire. Les calculs de réfraction moléculaire ont été effectués à l'aide de la formule de Lorenz-Lorentz, $R_m^\lambda = (n^2 - 1)/(n_\lambda^2 + 2) = M/d$.

λ	6563.	5893.	5461.	4861.	4359.
n^{25}	1,6087	1,6157	1,6219	1,6341	1,6501
R_m	44,15	44,46	44,92	45,62	46,53

Les indices sont donnés à 0,02 % près, les réfractions moléculaires à 0,1 % près.

([2]) *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 507.
([3]) *Thèse*, Nancy, 1943, p. 21.

Influence de la température sur l'indice de réfraction; l'indice est pris par rapport à la raie D.

$t°$.	n_D.	$t°$.	n_D.	$t°$.	n_D.
20,4.......	1,6180	30,5.......	1,6122	43.........	1,6058
22,5.......	1,6169	32,7.......	1,6111	45,5.......	1,6046
24,4.......	1,6159	34,5.......	1,6102	49,8	1,6026
26,1.......	1,6148	37,1.......	1,6087		
28,2.......	1,6137	40,3.......	1,6071		

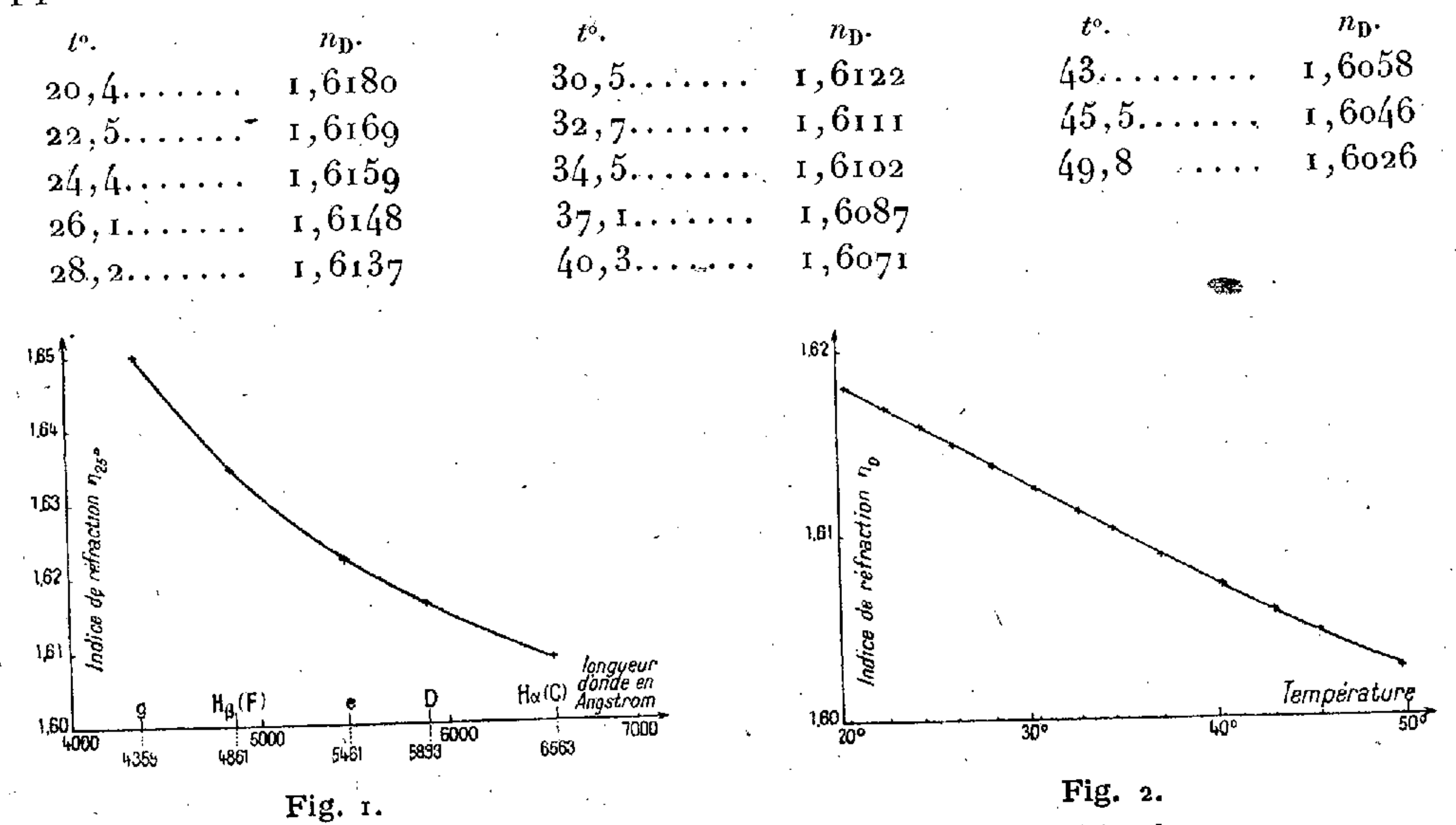


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe de dispersion à 25°. 2-méthylbenzthiazole.

Fig. 2. — Variation de l'indice de réfraction n_D en fonction de la température. 2-méthylbenzthiazole.

Le spectre d'absorption du 2-méthylbenzthiazole a été décrit par Behaghel et Schneider (4); les maxima d'absorption ont lieu pour les longueurs d'onde λ 2100 et 2800 Å.

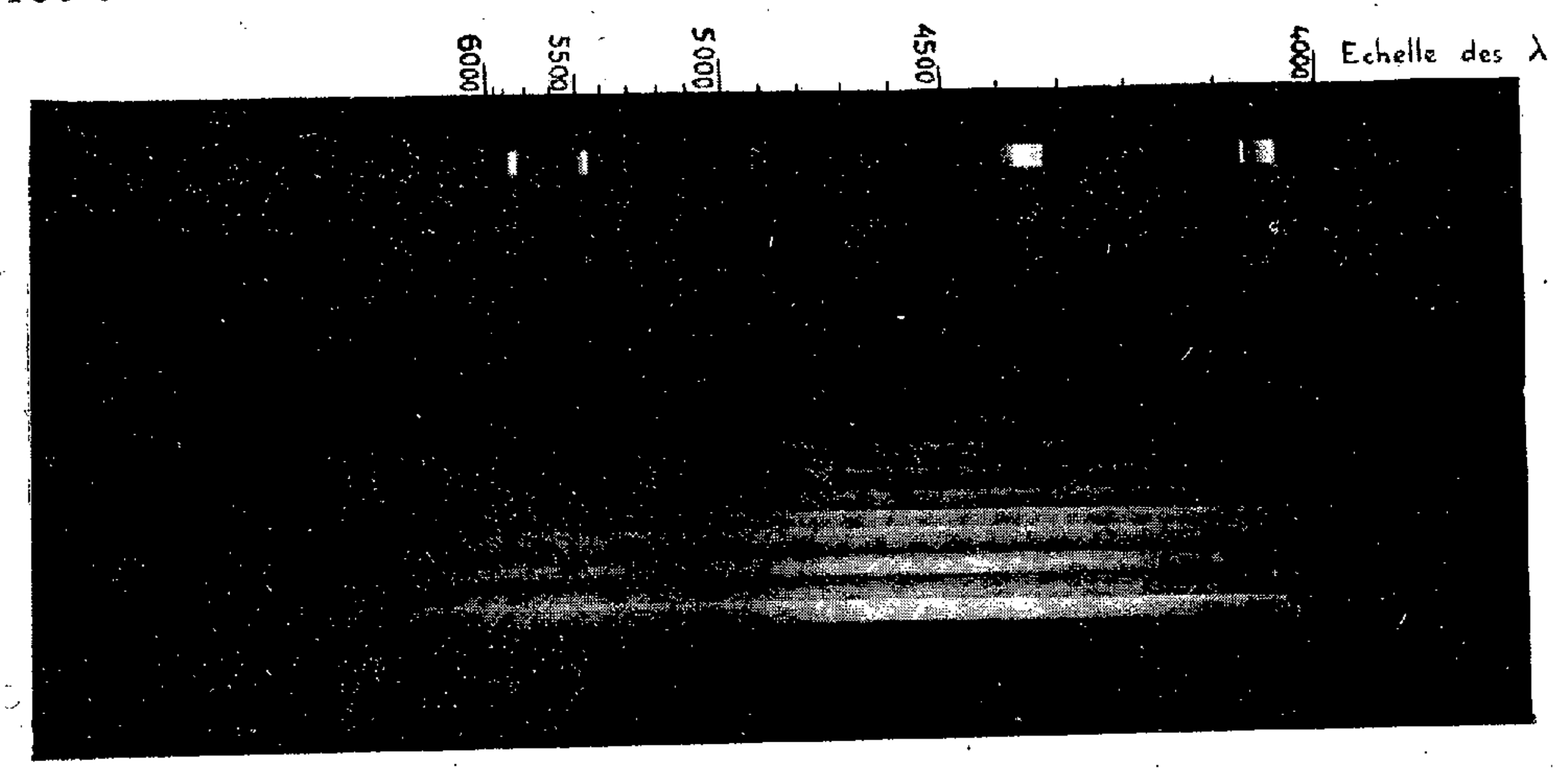


Fig. 3.

Spectre de fluorescence du 2-méthylbenzthiazole partiellement oxydé, solution alcoolique à 4 %.

Le produit d'autooxydation du 2-méthylbenzthiazole est doué d'une très vive fluorescence dans le bleu et le vert. Le méthylbenzthiazole lui-même,

(4) *Ber. d. chem. Ges.*, 69, 1936, p. 92.

à l'état pur, présente une certaine fluorescence dans la même région du spectre, mais d'intensité moindre. Les maxima d'intensité lumineuse ont lieu pour les longueurs d'onde λ 5500 et λ 4400 Å.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du Calcaire de Mourzouk (Fezzan).* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Charles Jacob.

Les premiers explorateurs du Sahara lybique ont signalé en divers points du Fezzan des affleurements calcaires, que la littérature géologique désigne sous le nom de *Calcaires de Mourzouk*. A. Desio, se basant sur leur situation *topographique*, a émis l'hypothèse que ces calcaires étaient intercalés dans les grès nubiens, bien qu'on ne voie en aucun point leurs rapports stratigraphiques avec ces derniers. Cet auteur y a trouvé de mauvaises empreintes de *Chara* et de Gastropodes d'eau douce qui ont été étudiés par A. Pagni (1). Celui-ci a pensé pouvoir rapprocher ces fossiles, avec beaucoup de doute, étant donnée leur mauvaise conservation, de *Chara Jaccardi* et de *Valvata helicoïdes* du Purbeckien d'Europe. Les calcaires de Mourzouk seraient ainsi d'âge jurassique supérieur, et cela donnerait par extension une indication sur l'âge de la partie terminale des grès nubiens dans cette région.

J'ai pu examiner la plupart des affleurements notés par A. Desio, et en découvrir de nouveaux entre El Gatroun et Tedjerri (Oued Ekema). Dès l'abord, j'ai été frappé de la ressemblance de ces formations avec les croûtes hammadiennes du Sud-Oranais. De plus les affleurements se répartissent en deux types bien distincts :

a. Les uns, de très petite dimension, logés dans des bas-fonds plus ou moins salés et considérés comme quaternaires dans tout le Sahara.

b. D'autres, plus étendus, constituent des hammades (nord-ouest de Zouila) ou de petites collines (environs de Mourzouk).

Les premiers, répandus dans les parties basses de la Hofra et des Oueds Mestouta et Ekema, sont invariablement logés au sommet de petites buttes de 3 à 4^m de haut et de quelques dizaines de mètres de diamètre au plus. Ces buttes ne sauraient représenter les témoins d'une couche continue. Elles dominent des regs alluviaux, dont la coupe, facile à voir dans les puits nombreux de ces régions, montre invariablement des sables quaternaires plus ou moins cohérents sur plusieurs mètres d'épaisseur. A Tedjerri, à la base de ces sables, des argiles fournissent une faune lacustre quaternaire (*Melania tuberculata*, *Pisidium* etc.).

A Zizeau et à Fongaul, on peut voir que les calcaires précités sont *superposés* aux sables quaternaires. Leur épaisseur est d'ailleurs très réduite (moins de 1^m).

La conclusion qui s'impose, c'est que les affleurements ci-dessus sont formés de calcaires quaternaires. L'examen des *sources* fonctionnant actuellement à Serdelès, dans le Châti et à Ouigh el Kebir, donne l'explication de leur genèse. En ces points l'eau sourd au sommet de petits monticules très analogues aux buttes précitées et forme parfois de petites vasques, l'ensemble ayant alors la

(1) *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, 77, 1938, pp. 73-78, Milano.

forme générale d'un minuscule volcan dont la vasque représenterait le cratère. Les bords de ces monticules sont formés de tufs calcaires colmatant des grains de sable. Que la source disparaisse, l'ensemble prendra l'aspect des buttes précédemment décrites.

En résumé les affleurements de calcaire de Mourzouk de la première catégorie sont *des dépôts de sources récents*.

Restent les affleurements tabulaires de Zouila et de Mourzouk. Au Nord-Ouest de Zouila j'ai relevé la coupe suivante, de haut en bas :

$0^m,50$ à 1^m de calcaire corrodé en surface;
5 à 6^m de marnes calcaro-sableuses;
couche de sables légèrement argileux, avec nombreuses traces de racines, absolument semblables aux sables quaternaires.

Là encore, il s'agit de couches quaternaires ou au plus pliocènes, vraisemblablement lacustres, à moins que la croûte ne puisse être considérée comme un dépôt *per ascensum* formé à partir des marnes.

A Mourzouk, je n'ai pas vu la base du calcaire. M. Capot-Rey, plus heureux que moi, a observé des faits identiques à ceux décrits plus haut. Le calcaire m'a montré des cannelures verticales à sections transversales formées de cercles concentriques, qui représentent évidemment l'emplacement de tiges plongeant leur base dans l'eau d'un marigot (roseaux ou papyrus). Rien d'étonnant par suite à ce qu'on y ait trouvé des graines de *Chara*, plante encore existante dans la région, et des empreintes de *Valvata*, mollusque encore actuel en Afrique.

En définitive, *le calcaire de Mourzouk n'est en bien des points, sinon en tous, qu'un dépôt subactuel, ou au moins très récent,* formé dans des conditions de genèse très particulières. Il faudra rayer des cartes géologiques d'Afrique la tache jurassique qui donnait au bassin de Mourzouk une singularité stratigraphique unique dans tout le Sahara.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un phénomène extraordinaire de rayons d'ombre avant et après le coucher du Soleil.* Note de M. **Ladislas Smosarski**, présentée par M. Charles Maurain.

Les rayons crépusculaires qui apparaissent ordinairement sont projetés par les nuages, et, surtout, par des proéminences d'un cumulo-nimbus. Habituellement, ils ne se manifestent qu'un certain temps après le coucher du Soleil, lorsque sa hauteur vraie dépasse $-0°,7$ environ. Les rayons se montrent d'abord dans l'anticrépuscule supérieur, puis dans la lueur rose au-dessus du point solaire de l'horizon. Les rayons, qui sont en réalité parallèles, apparaissent par perspective convergents vers le Soleil et vers l'Antihélie. Cependant il m'est arrivé d'observer les rayons d'ombre même en plein jour, quand un cumulo-nimbus épais montait à l'horizon et cachait le Soleil; les rayons étaient parfois si distincts qu'on pouvait les suivre sur le Ciel jusqu'à l'horizon opposé.

Le phénomène observé à Paris le soir du 24 août 1940 présentait quelques caractères extraordinaires. Le temps était beau, avec des cumulus qui avaient disparu à 15h G. M. T. Avant le coucher du Soleil des bandes horizontales brumeuses apparaissaient au-dessus du Soleil, et un banc confus de cirrus légers se dressait à gauche du Soleil et sur l'horizon Est; le vent était du NW, de 3 m:s.

Les particularités observées sont présentées ci-dessous et correspondent aux hauteurs vraies du centre du Soleil indiquées à gauche :

+1°,1. Un large rayon verdâtre incliné de 60° sur l'horizon converge en un point de l'horizon situé à 5° au sud du Soleil; son extrémité atteint 30° de hauteur et 25° en azimut par rapport au Soleil. Un autre rayon, plus mince et grisâtre, s'étend plus bas jusqu'à 30° en azimut du même côté et converge au même point. Juste au-dessus de ce point apparaît un faisceau de rayons très courts, légèrement inclinés vers le Nord.

+0°,6. Un cirrus brumeux apparaît jusqu'à 5° de hauteur.

— 0°,8. Le rayon principal s'affaiblit; un filet horizontal de cirrus se trouvant devant, auparavant rougeâtre, devient sombre.

— 2°,0. Le rayon principal devient rosé, semble immobile, un peu recourbé.

— 2°,5. Le petit faisceau de rayons à droite disparaît. Le rayon principal prend une belle couleur violette.

— 3°,7. Le rayon principal s'affaiblit brusquement.

— 4°,2. Fin du phénomène. Le banc de cirrus à gauche est monté jusqu'à 10° de hauteur.

L'anticrépuscule était embrumé, mais visible.

Le fait que le rayon n'était pas dirigé vers le Soleil et qu'il était coloré, à la lumière du jour, peut suggérer une manifestation d'aurore boréale. Cependant la liste des aurores boréales en Norvège de C. Störmer (*Annuaire Flammarion*, 1941) n'indique aucune aurore à cette date, et il faut remarquer que le Soleil se couchait alors plus tard en Norvège qu'à Paris. D'ailleurs les enregistrements du magnétisme terrestre à Chambon-la-Forêt ne révèlent aucune perturbation sensible.

L'immobilité du rayon révélerait une hauteur considérable.

Des rayons d'aurore boréale éclairés par le Soleil ont été découverts par C. Störmer (1). Leur couleur était gris violet, mais ils étaient alors observés en pleine nuit. A la limite de l'ombre de la Terre ils s'éteignent pour apparaître à nouveau dans l'ombre à l'altitude de 300-500km.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'origine des grains d'aleurone chez quelques Légumineuses*. Note de M. **Pierre Dangeard**.

L'origine des grains d'aleurone renfermés dans les graines a été autrefois attribuée soit à un dépôt direct de substances protéiques à l'intérieur du protoplasme (Pfeffer, 1872), soit à une élaboration par des plastes (Moltier, 1921; Vouk, 1925), soit à la déshydratation de vacuoles riches en albuminoïdes (Wakker, 1888; Werminski, 1888). Depuis l'étude que nous avons consacrée

(1) *Beitr. Geophysik*, Suppl. 1, *Ergebnisse der kosmischen Physik*, 1, 1931.

à cette question (1920-1923), en prenant pour type surtout l'aleurone du Ricin et celle du Pin maritime, et depuis les travaux de Guilliermond, l'origine de l'aleurone aux dépens du vacuome déshydraté semble avoir rallié tous les suffrages. Cependant une étude récente de A. Wieler ([1]), qui a repris la question dans son ensemble, vient de remettre en doute les relations entre grains d'aleurone et vacuoles pendant la maturation des graines : l'auteur, qui a étudié principalement les graines de Légumineuses, soutient que l'aleurone apparaît de très bonne heure et non pas juste avant la maturité des graines; en outre il a cru voir que les grains d'aleurone se formaient, soit dans le voisinage du noyau, soit dans la couche de plasma pariétal et non dans une vacuole; enfin il décrit dans le grain d'aleurone une structure finement ponctuée.

Dans ces conditions il nous a semblé intéressant de reprendre l'étude des grains d'aleurone et de leur origine chez les Légumineuses, ces plantes n'ayant fait jusqu'ici l'objet, au moyen de la méthode vitale, que de recherches très fragmentaires. Notre choix s'est porté sur le Haricot, le Pois, la Fève, le Soja et accessoirement sur divers Lupins, dont nous avons étudié les graines à divers états précédant la maturation, soit par la méthode vitale, avec ou sans emploi de colorants, soit par la méthode des fixations suivies de colorations (Regaud, Nawaschine, Benda-Meves, Bouin-Hollande).

Dans toutes les graines étudiées le vacuome est colorable vitalement par le rouge neutre à tous les stades, ce qui permet de suivre son évolution complète dans les cellules cotylédonnaires de l'embryon. A mesure que les vacuoles s'enrichissent en substances protéiques et qu'elles diminuent de volume, leur contenu tend à précipiter sous forme de globules variés, et c'est très probablement cette instabilité du contenu colloïdal des vacuoles en voie de dessèchement qui a pu faire croire à une formation directe des grains d'aleurone au sein du cytoplasme. Toutes les graines n'offrent pas d'ailleurs la même évolution.

Dans la Fève l'aleurone se forme tardivement et seulement dans les graines presque mûres (gousses commençant à brunir). A ce stade il peut y avoir encore de grandes vacuoles dans les cellules épidermiques internes des cotylédons, tandis que le vacuome des cellules épidermiques externes se compose de centaines de petites vacuoles rondes à contenu dense colorables vitalement. Dans les cellules profondes on peut colorer vitalement un réseau vacuolaire très irrégulier occupant presque tous les intervalles entre les gros grains d'amidon et formé d'une matière demi-fluide; on peut encore trouver dans ces mêmes cellules des vacuoles séparées de diverses tailles, les unes petites et fortement colorables par le rouge neutre, les autres plus grandes. Visiblement on assiste à la phase ultime de l'évolution du vacuome et l'on peut dire par conséquent qu'il n'y a pas de grains d'aleurone formés dans la Fève avant la période finale de dessèchement qui clôture la maturation de la graine.

Les graines de Haricot et de Pois se comportent sensiblement de la même

([1]) *Protoplasma*, 1943, 38, pp. 21-63.

manière que celles de la Fève au cours de la maturation : dans le Haricot les grains d'aleurone ne se forment pas avant que la graine n'ait atteint sa taille adulte; dans le Pois également il n'y a pas d'aleurone tant que les cotylédons n'ont pas terminé leur accroissement. Dans le Haricot, comme dans la Fève, les grains d'aleurone résultent de l'isolement des différentes parties d'un réseau vacuolaire sous forme de nombreuses petites vacuoles de plus en plus condensées. Dans le Pois intervient, dans la phase finale, la précipitation du contenu de vacuoles encore grandes en globules qui s'isolent et peuvent émigrer dans le cytoplasme. Ce phénomène de précipitation joue un rôle encore plus grand dans le Soja et dans le Lupin.

Dans le Soja, lorsque la graine atteint 1 cm de longueur environ, on peut voir dans les cellules des cotylédons des globules ou des masses sphériques voisinant avec de grandes vacuolaires claires; on pourrait croire que ces globules aleuriques (qui renferment un fin précipité) sont indépendants du vacuome, mais en réalité ils sont formés par une condensation d'une partie de ce vacuome. Dans les stades ultérieurs, cette distinction disparaît et toutes les parties du vacuome sont également condensées et toutes semblables, constituées par des éléments à contenu dense de plus en plus nombreux. Dans le Lupin, alors que la graine est encore jeune, le contenu vacuolaire peut se condenser en sphérules de nature aleurique qui s'accolent à la paroi vacuolaire, ou bien passent de là à l'intérieur du cytoplasme. Il peut en résulter l'apparence de grains d'aleurone nés directement dans le cytoplasme.

Cette étude de quelques graines de Légumineuses montre que l'aleurone prend bien naissance aux dépens de vacuoles déshydratées, suivant l'opinion classique, mais, alors que la formation de l'aleurone est généralement tardive (Pois, Fève, Haricot), dans certains cas elle peut être assez précoce (Soja, Lupin). En outre, alors que dans le premier cas les grains d'aleurone s'isolent principalement à la suite de la fragmentation d'un réseau vacuolaire, dans le second cas les phénomènes de précipitation jouent un rôle important par suite de l'instabilité du contenu vacuolaire colloïdal. Il en résulte des aspects qui ont pu faire croire à l'indépendance des grains d'aleurone et des grandes vacuoles qui les ont formés.

PHYSIOLOGIE. — *L'action d'un cancérigène, le benzopyrène, sur les oxydations dans la cellule vivante.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

On sait, depuis les travaux de Warburg, que la cellule cancéreuse présente une anomalie remarquable dans le mécanisme de sa respiration : ses oxydations sont amoindries et sa glycolyse est plus intense. Dans quelle mesure l'action d'un cancérigène puissant, comme le benzopyrène, peut-elle modifier la respiration des cellules normales ?

L'effet du benzopyrène sur la respiration des coupes de tissus a été bien

étudiée par M[lle] Y. Pourbaix (1). De ses recherches sur les organes du Rat et du Cobaye, l'auteur conclut : La respiration de la rate est considérablement diminuée, celle du cerveau l'est moins, celle du foie paraît peu sensible. Les résultats, quoique positifs, ne sont pas très marqués. Nous avons abordé ce problème avec une autre méthode et une autre technique. Nous cherchons à mettre en évidence l'action du benzopyrène sur la respiration cellulaire, en appréciant dans quelle mesure l'absorption de traces de benzopyrène, par une cellule vivante, modifie le rythme des oxydations intracellulaires.

I. *Tissus végétaux.* — Un fragment microscopique de l'épiderme du filet de l'étamine de la Gypsophile est divisé en deux parties égales; une de ces parties est placée dans une goutte de solution Ringer, l'autre dans une goutte de Ringer contenant 1/4000 de benzopyrène. Après un séjour de 40 minutes, on ajoute deux gouttes de leucodérivé du violet de crésyl à chacune des deux préparations. Après avoir recouvert chaque préparation d'une lamelle, on étudie la réoxydation du leucodérivé ayant pénétré dans les cellules; l'intensité de la coloration observée permet d'apprécier le rythme des oxydations. On constate que la présence du cancérigène dans le tissu diminue le pouvoir d'oxydation intracellulaire. Deux fragments microscopiques de l'épiderme d'une feuille d'Iris, prélevés dans une région dépourvue de chorophylle, sont traités de la même façon que l'épiderme de la Gypsophile. L'un d'eux est étudié avec le leucodérivé du violet de crésyl, l'autre fragment est étudié avec le leucodérivé du vert Janus. Dans les deux expériences, on constate que la présence du benzopyrène dans les cellules entraîne une diminution des oxydations intracellulaires.

Un fragment microscopique de l'épiderme du coléoptile d'Orge est divisé en deux parties égales : une des parties est placée dans une goutte de solution de glucose à 0,5/100, l'autre dans une goutte de la même solution contenant 1/4000 de benzopyrène. Après un séjour de 50 minutes, on ajoute, à chaque préparation, deux gouttes du leucodérivé du bleu de toluylène. La recoloration du leucodérivé est plus rapide et plus intense dans le tissu normal. Les cellules ayant absorbé des traces de benzopyrène ont un pouvoir d'oxydation très nettement diminué.

De très jeunes ovules d'Orchis, prélevés sur la même fleur, sont divisés en deux groupes microscopiques égaux. Un des lots est placé dans une goutte d'eau, l'autre dans goutte d'eau contenant 1/4000 de benzopyrène. Après un séjour d'une heure, on ajoute trois gouttes du leucodérivé du bleu de crésyl à chacune des préparations. La réoxydation du réactif est plus rapide et plus intense dans les cellules normales que dans celles qui ont subi l'ation du cancérigène. De très jeunes ovules de Gypsophiles, traités de la même façon, mais séjournant seulement 40 minutes dans les réactifs, donnent, avec le leucodérivé du bleu de crésyl, des résultats semblables à ceux obtenus avec l'Orchis.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 1738.

La faculté de diminuer le pouvoir d'oxydation des cellules végétales n'est pas particulière au benzopyrène; nous l'avons retrouvée avec le méthylcholanthrène. C'est à cette qualité qu'il convient peut-être de rattacher le pouvoir que possèdent ces deux cancérigènes de provoquer des croissances considérables dans les cultures de tissus végétaux ([2]).

II. *Glande salivaire de la larve de Chironome.* — C'est sur ce matériel que nous avons fait le plus grand nombre d'expériences. Dans chaque expérience on compare entre elles les deux glandes provenant du même individu. Elles sont placées, dès leur extraction, l'une dans une goutte d'un millieu A, l'autre dans une goutte d'un milieu B. Ce dernier ne diffère du millieu A que parce qu'il contient 1/10000 de benzopyrène. Après un séjour qui dure de 10 à 20 minutes, suivant les expériences, on place, sur chaque préparation, la même quantité du même leucodérivé, on la recouvre d'une lamelle et l'on apprécie la rapidité et l'intensité des oxydations dans les cellules de chacune des deux glandes. Les leucodérivés des substances suivantes ont été utilisés : rouge neutre, bleu de toluidine, rosinduline. Vingt-six individus ont été étudiés avec un milieu A constitué par une solution de Ringer, sept autres avec un milieu A constitué par du Ringer glucosé (glucose 1/100). Dans presque toutes les expériences, on constate que l'absorption de traces de benzopyrène par la cellule entraîne une diminution du pouvoir oxydant intracellulaire. Les résultats sont, en général, plus nets pour les glandes étudiées en milieu Ringer glucosé.

L'action d'amoindrissement du pouvoir d'oxydation varie d'intensité suivant l'individu traité; pour trois individus étudiés en milieu Ringer elle a été nulle. En outre, sur un autre individu, étudié en milieu Ringer avec le leucodérivé de la rosinduline, une action du benzopyrène d'assez courte durée (10 minutes) a donné un résultat inattendu; le pouvoir oxydant des cellules traitées a été légèrement augmenté. Divers essais effectués montrent que les concentrations les plus favorables à l'action du benzopyrène sont, pour le type cellulaire étudié, de 0,5 à 2/10000; mais, même dans ces limites, il peut arriver, exceptionnellement, que le cancérigène exerce une action nulle ou inversée.

Conclusions. — *Le benzopyrène, à doses convenables, diminue le pouvoir d'oxydation des cellules dans des types cellulaires très divers. Cette action se manifeste assez rapidement après la pénétration du cancérigène dans la cellule vivante. Son importance est variable suivant l'individu traité.*

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Créatinurie et avitaminose* B.

Note ([1]) de M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Louis Lapicque.

On admet actuellement que la production de créatine urinaire est placée sous le contrôle hormonal, sans qu'il soit possible d'ailleurs d'établir nettement

([2]) R. Buvat, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 128.

([1]) Séance du 6 novembre 1944.

le rôle et l'importance des différentes glandes endocrines. Hormones et vitamines pouvant être considérées comme les agents directeurs des différents métabolismes, il nous a paru intéressant de rechercher s'il existait une relation entre la créatinurie et l'avitaminose B. Nos expériences ont porté sur le Rat blanc (8 *mâles adultes* d'un poids moyen de 180g).

Dans une première période de 15 jours, les animaux étaient soumis à un régime équilibré et complet, composé de

	%		%
dextrine	15	huile végétale	10
saccharose	35	caséine	20
fécule	10	poudre d'os	3
agar	2	autolysat de levure	5

Puis, par substitution à la levure d'une quantité isoazotée de caséine et par autoclave de la ration, on plaçait les rats en avitaminose B totale. La carence bien établie (40 jours) et sans aller au stade prémortel, on remettait les animaux au régime complet. Outre le régime de base, les rats recevaient dans toutes les périodes un concentré de vitamines A et D. Nous notions chaque jour le poids des sujets, les quantités d'azote ingéré, et dosions l'urée, la créatinine et la créatine des urines de 24 heures en utilisant la technique décrite par Cahn, Houget et Jacquot pour les corps créatiniques.

Voici l'essentiel de nos résultats : Lorsqu'ils sont largement pourvus de vitamines B, les animaux ne présentent pas trace de créatine urinaire. Leur excrétion de créatinine est relativement constante. 4 ou 5 jours après le début de la carence, la créatinurie apparaît chez tous les sujets. Elle ne se manifeste d'abord que sporadiquement et ne s'établit définitivement qu'après 10 ou 15 jours.

Le phénomène est d'autant plus accusé que le sujet est plus sensible aux effets de l'avitaminose (perte de poids). La créatinurie maxima que nous ayons pu observer atteignait 4mg,5 par 24 heures.

En général, le total créatinine + créatine varie peu; seule change la proportion de ces deux substances. Voici quelques nombres qui permettent de comparer *la moyenne journalière* des excrétions créatiniques pendant la période normale et pendant la troisième semaine de carence :

Rat.	Régime.	Créatine (mg).	Créatinine (mg).	Total exprimé en créatinine.
1	Complet	0	9,07	9,07
	Carencé	1,36	7,67	8,85
2	Complet	0	9,62	9,62
	Carencé	1,23	8,3	9,36
3	Complet	0	9,53	9,53
	Carencé	3,83	6,32	9,76
4	Complet	0	9,39	9,39
	Carencé	3,13	9,30	12,0
6	Complet	0	8,83	8,83
	Carencé	1,43	7,6	8,75

La créatinurie disparaît 24 heures après que les animaux sont remis au

régime complet et ne se manifeste plus durant les 10 jours de la troisième période.

Ces résultats ne sont pas conformes aux théories qui considèrent la créatinurie comme étant en relation directe avec le catabolisme azoté et la destruction des protides dans l'organisme. En effet l'intensité du métabolisme azoté, que l'on peut calculer grâce au rapport N urée/N ingéré, est nettement diminuée au cours de la carence B, un des symptômes de cette avitaminose étant la diminution d'appétit. Par contre ils cadrent assez bien avec la doctrine qui relie la créatine urinaire au métabolisme glucidique. L'avitaminose B est caractérisée par des troubles du métabolisme glucidique, qui ont pour effet une diminution considérable du glycogène hépatique et musculaire. Il s'ensuit une rupture dans le cycle de l'acide créatine-phosphorique, dont la resynthèse est liée à la combustion de l'acide lactique, formé à partir du glycogène musculaire. Nous avons d'ailleurs démontré antérieurement que la carence B influençait considérablement la répartition des composés phosphorés du muscle. L'effet de cette avitaminose est de doubler la quantité d'acide orthophosphorique libre, au détriment du phosphagène et de l'acide adenylpyrophosphorique. Il y a déséquilibre entre les réactions hydrolytiques et les réactions de synthèse, d'où impossibilité pour le muscle de transformer de nouvelles quantités de glucides. Cette diminution du phosphagène musculaire, observée chez des animaux devenus créatinuriques, plaide en faveur de l'hypothèse de travail suivante : Si la resynthèse de l'acide créatine-phosphorique est active, les déchets apparaîtront dans l'urine sous forme de créatinine. Si, pour une raison quelconque, cette synthèse est diminuée, la créatine sera éliminée telle quelle dans l'urine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la formation de lactoflavine à partir de l'*Eremothecium Ashbyii. *Culture sur milieux liquides.* Note de MM. **Jean Renaud** et **Maurice Lachaux**, présentée par M. René Souèges.

L'*Eremothecium Ashbyii* est un Champignon recueilli sur les capsules du Cotonnier, à Berbère (Soudan). Son étude systématique et biologique a été faite par A. Guilliermond ([1]). Il appartient au groupe des Ascomycètes inférieurs et possède la remarquable propriété d'élaborer un pigment jaune, localisé dans les vacuoles, et identifié à la lactoflavine par Guilliermond, M. Fontaine et A. Raffy. Ces deux derniers ont dosé la flavine par fluorométrie en utilisant des tubes de culture contenant 10^{g} de milieu et placés à la température de 27°. Le taux de flavine croît du premier au vingtième jour, puis décroît. Les cultures en renferment jusqu'à 85^{mg} par kilogramme de milieu; la plus riche accusa jusqu'à 113^{mg}; Fontaine et Raffy ([2]) remarquèrent, de plus,

([1]) *Sciences*, 1938, XXXVII, 27, pp. 195.
([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1005.

que, sur milieu liquide à base de peptone et de glucose, la formation du pigment est faible et lente.

Nous avons repris l'étude de la production de la flavine à partir de l'*Eremothecium* en nous intéressant plus spécialement aux cultures sur milieux liquides. Les cultures étaient faites en boîtes de Roux d'une contenance de 1 litre, ensemencées aseptiquement et placées à l'étuve à 27°.

Pour les dosages, nous avons utilisé l'électrophotomètre de P. Meunier, adapté à la mesure des fluorescences ([3]). Cette mesure est délicate : la lumière excitatrice détruit la lactoflavine qui se transforme en donnant d'autres substances fluorescentes (par exemple lumichrome à fluorescence bleue). De plus, l'intensité de la fluorescence est en relations étroites avec la composition du milieu (nature du solvant, pH, présence d'impuretés etc.). Toutefois, dans notre cas, le dosage était facilité. En effet, les cultures étant maintenues à l'étuve obscure, le pigment avait généralement une fluorescence verte à peu près pure. En outre les milieux ayant une teneur élevée en lactoflavine nécessitaient de grandes dilutions pour les mesures, ce qui diminuait d'autant l'effet gênant des substances parasites. Ceci nous a conduits à adopter la technique suivante :

D'abord l'électrophotomètre est étalonné avec une solution aqueuse préparée par dilution extemporanée d'une solution titrée de lactoflavine Roche dans l'alcool à 70° très faiblement acétique (cette solution mère se conserve plusieurs mois à la glacière), en utilisant l'écran vert, la mesure étant effectuée sur 10^{cm^3} de liquide en 15 secondes après le début de l'irradiation.

A 5^{cm^3} de liquide de culture filtré, on ajoute 1^{cm^3} d'acide acétique et 1^{cm^3} d'une solution aqueuse saturée de MnO^4K. On agite. Après 10 minutes de contact, on détruit l'excès de permanganate par 1^{cm^3} d'eau oxygénée officinale, puis on dilue la solution limpide dans des proportions telles que la mesure de la fluorescence, effectuée sur 10^{cm^3}, corresponde à un point de la courbe d'étalonnage de l'électrophotomètre.

Nous avons constaté que, dans tous les cas, la qualité de la souche d'ensemencement influe considérablement sur les rendements. Comme l'ont fait remarquer Fontaine et Raffy, pour obtenir des jus riches en pigment il est indispensable d'ensemencer avec des souches vigoureuses, développées sur des milieux riches comme le milieu de Sabouraud.

Les cultures sur milieux liquides se comportent très différemment, suivant que l'on opère en couche épaisse ou en couche mince. Lorsque l'épaisseur du milieu dépasse 2^{cm}, le Champignon s'asphyxie et la production du pigment est *faible* et *lente*. Par contre, lorsque la couche est mince et ne dépasse pas 1^{cm} de hauteur, l'aération est bien meilleure, chaque ascospore est l'origine d'une colonie; de nombreuses colonies sphériques isolées se développent et élaborent des quantités importantes de lactoflavine qui diffuse dans le milieu. Le

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **23**, pp. 333-338.

mycélium ne retient qu'une fraction négligeable de pigment et peut être isolé du liquide par une filtration rapide.

Des cultures faites sur milieu de Gorodkowa (peptone de viande 12^g, glucose $2^g,50$, ClNa 5^g, eau 1000^{cm^3}) nous ont donné les résultats suivants :

Age (jours)................	8.	14.	19.	24.	29.	34.
Lactoflavine en mg/l........	52	65	91	96	76	49

La quantité maximum de lactoflavine est atteinte vers le 24[e] jour. Elle est du même ordre que celle indiquée par Fontaine et Raffy sur Gorodkowa solidifié à la gélose.

Mais, et c'est là le fait nouveau, nous avons montré que l'*Eremothecium Ashbyii* est capable de produire des quantités importantes de lactoflavine *sur milieu liquide*, à condition que l'épaisseur de la couche liquide ne dépasse pas 1^{cm}. Ces cultures sont faciles à réaliser et l'*Eremothecium* pourrait ainsi constituer éventuellement une source intéressante de vitamine B_2 d'origine biologique.

A 15^h50^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *Joseph Bethenod*, présente la liste suivante :

En première ligne............. M. **Paul Lévy**.

En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*........... MM. **Pierre Chevenard**. **Louis Hackspill**. **Raymond Jouaust**. **André Kling**. **Henri Piéron**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16^h45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Quelques transformations des équations du mouvement d'un fluide compressible.* Note de M. **Joseph Pérès**.

1. Nous considérons le cas où il existe une relation donnée entre la pression p et la densité ρ, de sorte que, compte tenu de l'équation de Bernouilli $dp + \rho q\, dq = 0$, p et ρ sont des fonctions bien déterminées de la vitesse locale du fluide q. Le mouvement est supposé plan et irrotationnel.

On sait que la transformation de Legendre, appliquée à l'équation du second ordre que vérifie le potentiel des vitesses Φ, amène à une équation complètement linéaire pour $\overline{\Phi} = x\Phi'_x + y\Phi'_y - \Phi = ux + vy - \Phi$, exprimé en fonction des composantes u et v de la vitesse. On sait que l'on peut aussi, sans changer de fonction inconnue, prendre pour variables q et $\theta = \operatorname{arc\,tang} v/u$; ce qui amène au système

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{H}\Phi'_\theta = \Psi'_q, \qquad \mathrm{K}\Psi'_\theta = -\Phi'_q,$$

Ψ étant la fonction de courant $d\Psi = \rho/\rho_0(u\,dy - v\,dx)$ et H et K des facteurs qui ne dépendent que de q et ont les expressions

$$\text{(2)} \qquad \mathrm{H} = \frac{\rho}{\rho_0 q}, \qquad \mathrm{K} = \frac{\rho_0}{\rho q}\left(1 + \frac{q\,d\rho}{\rho\,dq}\right) = \frac{\rho_0}{\rho q}\left(1 - \frac{q^2}{c^2}\right),$$

où c désigne la célérité locale du son. On tire de (1) une équation complètement linéaire pour Φ (et de même pour Ψ).

2. Si l'on associe à $\overline{\Phi}$ la fonction $\overline{\Psi} = \rho/\rho_0(uy - vx) - \Psi$, on obtient le système analogue à (1),

$$\text{(3)} \qquad \overline{\mathrm{H}}\,\overline{\Phi}'_\theta = \overline{\Psi}'_q, \qquad \overline{\mathrm{K}}\,\overline{\Psi}'_\theta = -\overline{\Phi}'_q,$$

avec

$$\text{(4)} \qquad \overline{\mathrm{H}} = \frac{\rho}{\rho_0 q}\left(1 + \frac{q\,d\rho}{\rho\,dq}\right), \qquad \overline{\mathrm{K}} = \frac{\rho_0}{\rho q}.$$

3. Analysant les relations entre les systèmes (1) et (3) on reconnaît un cas particulier d'une transformation plus générale.

Partons du système

$$h\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}=\frac{\partial\psi}{\partial q},\qquad k\frac{\partial\psi}{\partial\theta}=-\frac{\partial\varphi}{\partial q},\tag{5}$$

h et k étant fonctions quelconques de q. Supposons connue une solution de l'équation de Riccati

$$\frac{d\mu}{dq}=h-k\mu^2\tag{6}$$

et déterminons α et β par les relations $h=\alpha\mu$, $k=\beta/\mu$. La transformation

$$\varphi_1=\frac{1}{\beta}\varphi'_q-\varphi=-\frac{1}{\mu}\psi'_\theta-\varphi,\qquad \psi_1=\frac{1}{\alpha}\psi'_q-\psi=\mu\varphi'_\theta-\psi\tag{7}$$

fait passer à un système du type (5)

$$h_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial\theta}=\frac{\partial\psi_1}{\partial q},\qquad k_1\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta}=-\frac{\partial\varphi_1}{\partial q},\tag{8}$$

avec

$$h_1=\beta\mu=k\mu^2,\qquad k_1=\frac{\alpha}{\mu}=\frac{h}{\mu^2}\tag{9}$$

(il y a donc permutation de α et β).

Appliquons à nouveau la transformation au système (8), l'équation (6) est remplacée par

$$\frac{d\mu_1}{dq}=h_1-k_1\mu^2=k\mu^2-h\frac{\mu_1^2}{\mu^2},\tag{10}$$

qui admet la solution particulière $\mu_1=-\mu$. Pour cette valeur de μ on retombe sur le système (5), mais avec un couple de solution $\varphi^*\psi^*$ différent du couple $\varphi\psi$ dont on est parti. En posant, d'après les (7),

$$\varphi^*=\frac{1}{\mu}\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta}-\varphi_1,\qquad \psi^*=-\mu\frac{\partial\varphi_1}{\partial\theta}-\psi_1,\tag{7'}$$

on vérifie que $\varphi^*=\varphi+\varphi''_{\theta^2}$, $\psi^*=\psi+\psi''_{\theta^2}$.

Si l'on utilise une solution μ_1 de (10) différente de $-\mu$, on aura un système analogue à (5), mais avec les facteurs $h_2=h(\mu_1/\mu)^2$, $k_2=k(\mu/\mu_1)^2$ et l'on pourra appliquer à nouveau la transformation etc.

Les solutions générales des équations de Riccati (6), (10) etc. s'obtiennent par quadratures dès que l'on connaît une solution de la première. Utilisant leurs solutions générales dans les transformations précédentes, on aura une suite d'équations du type (3), avec les facteurs respectifs hk, h_1k_1, h_2k_2, ..., dépendant de 0, 1, 2, ... constantes arbitraires et telles que l'on passe par des formules du type (7) des solutions de la première à celles de la seconde, puis de la troisième etc.

4. Appliquons la transformation aux systèmes (1) et (3) de la théorie des fluides compressibles.

Partons d'abord de (3), l'équation de Riccati correspondante a la solu-

tion ρ/ρ_0 pour laquelle on passe au système (1), les fonctions φ_1 et ψ_1 s'identifiant à Φ et Ψ : on vérifie en effet aisément les relations, du type (7),

$$(11)\qquad \Phi = q\frac{\partial\overline{\Phi}}{\partial q} - \overline{\Phi}, \qquad \Psi = \frac{q\rho}{\frac{d(q\rho)}{dq}}\frac{\partial\overline{\Psi}}{\partial q} - \overline{\Psi}.$$

Partons au contraire du système (1), l'équation de Riccati correspondante à la solution $-\rho/\rho_0$ mais, conformément aux remarques du n° 3, cette solution ne donne pas directement le lien entre les couples notés au début $\Phi\Psi$ et $\overline{\Phi}\,\overline{\Psi}$.

5. On sait que, lorsque H/K est constant et positif, on peut faire correspondre, par simple changement de variable sur q, au mouvement du fluide *compressible* un mouvement de fluide *incompressible*. On peut, sans restreindre la généralité, écrire $H = K$. Cette condition détermine, pour la relation entre q et ρ, des expressions

$$(12)\qquad q^2 = B\left(\frac{\rho_0^2}{\rho^2} - 1\right), \qquad\qquad (12')\qquad p = A - B\frac{\rho_0^2}{\rho},$$

qui ne sont valables, dans tout le champ de valeurs de ρ, pour aucun fluide réel, mais qui peuvent être approximativement satisfaisantes, après un choix convenable des constantes qui y apparaissent, dans des domaines limités de variations de q. C'est le principe de l'analyse de Molenbroek-Tchapliguine, pour l'étude des mouvements lents des fluides compressibles. Une extension (application aux mouvements subsoniques où la vitesse ne s'écarte pas trop d'une valeur donnée q_1) apparaît dans des travaux récents de Karman (*J. of aer. Sc.*, 8, 1941).

6. Voici quelques remarques à ce sujet. Tout d'abord on peut prendre comme point de départ le système (3) au lieu de (1). Écrivant $\overline{H} = \overline{K}$, on obtient, au lieu de (12) et (12'),

$$(13)\qquad q^2 = \frac{B}{\rho^2 - \rho_0^2}, \qquad\qquad (13')\qquad p = A + B\left\{\frac{\rho}{2(\rho_0^2 - \rho^2)} - \frac{1}{4\rho_0}\log\frac{\rho + \rho_0}{\rho - \rho_0}\right\},$$

que l'on utilisera, exactement comme les précédentes (12) et (12'), pour des solutions approchées.

Notons d'autre part qu'il est aisé d'établir, pour le cas supersonique, des solutions approximatives analogues, lesquelles seront introduites par les conditions $H = -K$ ou $\overline{H} = -\overline{K}$.

Soit, pour fixer les idées, $\overline{H} = -\overline{K}$; (13) est alors remplacée par

$$(14)\qquad q^2 = \frac{B}{\rho^2 + \rho_0^2}.$$

Écrivons que le graphique $q(\rho)$ défini par la relation (13) ou par la relation (14) est tangent, au point $\rho_1 q_1$ (c_1 sera la célérité du son correspondante), au graphique analogue correspondant à l'évolution adiabatique d'un gaz. Dans le

cas de la relation (13), il vient, pour déterminer les constantes B et ρ_0,

$$B = \frac{\rho_1^2 q_1^4}{c_1^2}, \qquad \rho_0^2 = \rho_1^2\left(1 - \frac{q_1^2}{c_1^2}\right),$$

valeur acceptable pour $q_1 < c_1$. La loi (13) ne peut donc être admise pour loi approchée que dans le cas de mouvements subsoniques.

Au contraire la loi (14) qui amène à la même expression pour B, mais avec $\rho_0^2 = \rho_1^2(q_1^2/c_1^2 - 1)$, conviendra pour des écoulements supersoniques dans lesquels la vitesse reste voisine de la valeur donnée $q_1 > c_1$.

Le développement des formules dans l'un ou l'autre cas ne présente pas de difficultés. Bornons-nous ici au cas supersonique [relation (14)]. On vérifie que, posant $q = \sqrt{B/\rho_0^2}\cos\chi$, on a

$$\Phi = F(\chi - \theta) + G(\chi + \theta), \qquad \Psi = -F(\chi - \theta) + G(\chi + \theta),$$

F et G étant deux fonctions arbitraires, dont les dérivées seront notées F′ et G′. Les coordonnées du point où la vitesse est $qe^{i\theta}$ sont données par la formule

$$x + iy = z = -\frac{1}{\sqrt{\frac{B}{\rho_0^2}}\sin\chi\cos\chi}\{F' e^{i(\theta+\chi)} + G' e^{i(\theta-\chi)}\};$$

enfin le potentiel des vitesses et la fonction de courant sont

$$\Phi = -\frac{\cos\chi}{\sin\chi}(F' + G') - (F + G), \qquad \Psi = \frac{\sin\chi}{\cos\chi}(G' - F') + F - G.$$

7. Une autre extension est la suivante. On égalera à +1 ou à −1 le rapport h/k des coefficients d'un système déduit de (1) ou de (3) par l'application répétée de la transformation du n° 3. On définit ainsi des lois $q(\rho)$ et $p(\rho)$ dans lesquelles apparaissent les constantes arbitraires dont il est question à la fin du n° 3, constantes dont on pourra adapter les valeurs pour suivre de plus près les lois que donne le fluide réel.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *Joseph Bethenod*, décédé.

Le nombre des votants étant 48, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages.		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. Louis Hackspill	17	21	28
M. Pierre Chevenard	11	14	13
M. Henri Piéron	11	10	7
M. Paul Lévy	5	3	
M. Raymond Jouaust	2		
M. André Kling	2		

M. **Louis Hackspill**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **François Maigron** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1943.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE ET PROBABILITÉ. — *Sur les courbes de distribution statistique* (¹). Note de M. **René Risser**.

On sait que K. Pearson, étudiant le polygone obtenu en joignant les points du graphique binomial, a considéré la pente du côté $(n, n+1)$, soit $(Y_{x+1} - Y_x)$, avec

$$(1) \qquad Y_x = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x};$$

et l'a rapproché de l'ordonnée moyenne; après avoir pris comme variable $\xi = x + (1/2)$, et posé $-[np + (p-q)/2] + \xi = X\sigma$, avec $\sigma = \sqrt{npq}$, il a été conduit à l'équation

$$(2) \qquad \frac{\sigma \Delta y}{y_m} = \frac{-x}{1 + \frac{1}{n} + \frac{q-p}{2\sigma} x},$$

qui ne vaut que pour le polygone réduit. Supposant n très grand, le polygone binomial dessine une courbe dont la pente est définie par l'équation ci-dessus, et l'on a approximativement $y'/y = -x$.

Une méthode tout à fait analogue dans le cas de tirages exhaustifs a conduit Pearson à étudier les courbes de distribution fournies par l'étude de l'équation

$$\frac{y'}{y} = -\frac{(x + a_0)}{b_0 + b_1 x + b_2 x^2}.$$

On peut procéder à l'étude des courbes de distribution en recourant à l'équation aux différences finies $\Delta y/y = [f(x+1) - f(x)]/f(x)$, et montrer que, sous certaines conditions, l'on retrouve les relations donnant la valeur de y'/y, tant dans le cas des tirages non exhaustifs que dans celui des tirages exhaustifs, relations identiques à celles trouvées par K. Pearson. Il est un deuxième mode de recherche des courbes de distribution, fondé sur la valeur de

$$\frac{y'}{y} = \frac{f(x+1) - f(x-1)}{2f(x)},$$

(¹) Premier document retiré du pli cacheté n° 11967, déposé le 17 avril 1944, ouvert à la demande de l'auteur le 13 novembre 1944.

relation qui revient à substituer aux petits arcs $(y_{x+1}, x+1)$, $(y_{x-1}, x-1)$ des paraboles du second degré.

Dans le cas des tirages non exhaustifs, pour lesquels l'on prend

$$f(x) = C_K^x p^x (1-p)^{K-x},$$

on est conduit à la solution

$$(3) \qquad y = A e^{-x\frac{(p^2-q^2)}{2pq}} (x+1)^{\frac{p}{2q}(K+1)} (K-x+1)^{\frac{K+1}{2}};$$

si l'on considère le cas de tirages exhaustifs (cas de m tirages d'une urne renfermant K boules blanches et h boules noires), avec $K > h > m$, l'on trouve

$$(4) \qquad \frac{y'}{y} = \frac{1}{2}\left[\frac{(K-x)(m-x)}{(x+1)(h-m+1+x)} - \frac{x(h-m+x)}{(K-x+1)(m-x+1)}\right]$$

et

$$(5) \qquad y = \frac{(x+1)^{\frac{(K+1)(m+1)}{2(h-m)}} (m-x+1)^{\frac{(h+1)(m+1)}{2(K-m)}}}{(h-m+1+x)^{\frac{(h+1)(h+K+1-m)}{2(h-m)}} (K-x+1)^{\frac{(K+1)(h+K+1-m)}{2(K-m)}}}.$$

L'examen du cas particulier $h = K$ conduit à des résultats dignes d'intérêt.

Si l'on revient au cas général, y'/y se présente sous la forme

$$\frac{y'}{y} = \frac{1}{2} \frac{b_0 x^3 - b_1 x^2 + b_2 x - b_3}{a_0 x^4 + a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4},$$

à laquelle on peut substituer

$$(6) \qquad \frac{y'}{y} = -\frac{1}{2}\frac{P_3(X\sigma)}{P_4(X\sigma)}, \qquad \text{avec } x = mp + X\sigma \quad \text{et} \quad \sigma = \sqrt{mpq},$$

$$p = \frac{K}{h+K}, \qquad q = \frac{h}{h+K}.$$

Il y a lieu de remarquer que, lorsque l'équidistance des abscisses est fixée à $1/\sigma$, l'on est amené, dans l'hypothèse où l'écart quadratique σ est supposé très grand, à étudier l'équation

$$\frac{Y'}{Y} = -\frac{M - NT}{T^2\sigma^2 + TS\sigma + Q}.$$

On peut par un processus simple, en partant de (4), mettre en évidence la courbe en cloche, et, dans le cas où $K > m > h$, la courbe en U; on peut de plus faire apparaître (grâce à une discussion simple) les autres types de distribution de Pearson.

Nous avons également étudié en détail le type d'équation différentielle

$$(7) \qquad \frac{y'}{y} = \frac{-x}{b_0 x^4 + b_1 x^3 + b_2 x^2 + b_3 x + b_4},$$

que l'on peut ramener au type $y'/y = a_0 + x/(b'_0 x^4 + b'_2 x^2 + b'_3 x + b'_4)$ en

passant en revue les multiples combinaisons que peuvent former les racines de l'équation

$$b_0x^4 + b_1x^3 + b_2x^2 + b_3x + b_4 = 0.$$

Nous avons ainsi mis en évidence, lorsque les racines sont toutes réelles, distinctes et finies, les divers types de distribution de Pearson, sauf le type de courbe en U; ce dernier type apparaît lorsque le dénominateur a deux racines réelles et deux imaginaires conjuguées.

Il y a lieu enfin de remarquer qu'une méthode analogue à celle indiquée par Pearson permet, au moyen des moments M_i ($i = 0, 1, 2, 3, 4$), de déterminer les constantes b_i; la nature des racines de l'équation

$$b_0x^4 + b_1x^3 + b_2x^2 + b_3x + b_4 = 0,$$

fournit le moyen de déceler le type de distribution.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions d'existence d'une dérivée angulaire dans la représentation conforme.* Note de Mlle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit Δ le domaine simplement connexe décrit par le point $\xi_1 = \xi + i\eta$ représentatif de la fonction univalente $f(z)$ lorsque le point $z = x + iy$ décrit le demi-plan $D(x > 0)$. Supposons qu'au point $z = \infty$ corresponde un bout premier de Δ admettant un point accessible α à l'infini. On appelle *dérivée angulaire* en ce point la limite, si elle existe, du rapport $f(z)/z$ lorsque $z \to \infty$ dans un angle $|\operatorname{Arg} z| < (\pi/2) - \varepsilon$. On dit alors que Δ est *valable* à l'infini.

Nous avons déjà pu [1] améliorer les conditions géométriques trouvées par M. Ahlfors [2] pour que Δ soit valable. En reprenant la démonstration de l'inégalité de M. Ahlfors, nous arrivons maintenant aux résultats suivants.

Supposons Δ orienté de telle sorte que les directions des axes réels se correspondent à l'infini dans les deux domaines. Δ doit évidemment, pour être valable, contenir une portion illimitée de l'axe réel, soit $\xi > R_0$. Supposons en outre le point $\xi_1 = 0$ non intérieur à Δ.

Désignons, pour $\rho > R_0$, par β_ρ la coupure de Δ portée par le cercle $|\xi_1| = \rho$ et rencontrant l'axe réel, qui sépare $\xi_1 = R_0$ du point α. Les extrémités de cette coupure ont, l'une un argument positif $y(\rho)$, l'autre un argument négatif $y'(\rho)$.

Théorème 1. — *Une condition nécessaire pour que le domaine Δ soit valable est que, pour toute suite positive croissante $R_1, R_2, \ldots, R_n, \ldots$, tendant vers l'infini avec n, et telle que, en posant $\delta_n = \log R_{n+1} - \log R_n$, la série $\sum_{n=1}^{\infty} \delta_n^2$ soit conver-*

(1) J. Ferrand, *Ann. Éc. Norm. sup.*, 59, 1942, p. 43.
(2) L. Ahlfors, *Acta Soc. Sc. Fennicae*, Nova series A, 1, ix, pp. 1-40.

gente, on ait

$$\sum_{n=1}^{\infty}(\theta_n+\theta'_n)\,\delta_n > -\infty,$$

en désignant par $(\pi/2)+\theta_n$ le minimum de $y(\rho)$ et par $-(\pi/2)-\theta'_n$ le maximum de $y'(\rho)$ pour $R_n \leqq \rho \leqq R_{n+1}$.

THÉORÈME 2. — *Avec les mêmes notations, une condition suffisante pour qu'un domaine* Δ *contenant un domaine valable soit lui-même valable est qu'il existe une suite* R_n *pour laquelle*

$$\sum_{n=1}^{\infty}\theta_n\delta_n < \infty, \qquad \sum_{n=1}^{\infty}\theta'_n\delta_n < \infty.$$

La démonstration est basée sur une légère modification des coupures considérées par M. Ahlfors, portant seulement sur les extrémités. Le procédé de balayage partiel de Δ par la suite des coupures circulaires β_ρ peut en effet s'appliquer à n'importe quel genre de coupures pourvu qu'elles forment une famille de courbes parallèles. Plus précisément, dans le plan $\sigma = \log \xi_1$, nos coupures sont représentées par un segment de longueur constante

$$\Theta_n = \pi + \theta_n + \theta'_n$$

sur chaque segment $R_n \leqq \rho \leqq R_{n+1}$, terminé par deux *crochets* en forme d'arcs de cercle. Nous arrivons ainsi à l'inégalité améliorée

$$\underline{u}(R_n) - \overline{u}(R_0) > \log R_n - \log R_0 - \frac{3}{2}\sum_{i=1}^{n}\delta_i^2 - \frac{1}{\pi}\sum_{i=1}^{n}(\theta_i+\theta'_i)\,\delta_i - 4\pi,$$

où $\underline{u}(\rho)$ et $\overline{u}(\rho)$ représentent respectivement le minimum et le maximum de $u = \log|z|$ sur la coupure image dans le plan z de la coupure β^*_ρ obtenue par modification de β_ρ.

De cette inégalité on déduit facilement les théorèmes 1 et 2.

En reprenant avec plus de précision les résultats antérieurs établis avec l'aide de l'intégrale de Poisson et de la mesure conforme, on peut établir des réciproques à ces théorèmes et énoncer le

THÉORÈME 3. — *Une condition suffisante pour qu'un domaine* Δ *soit valable est qu'il existe une suite* R_n *permettant la convergence des trois séries*

$$\sum_{n=1}\delta_n^2, \quad \sum_{n=1}^{\infty}\theta_n^2, \quad \sum_{n=1}^{\infty}\theta'^2_n.$$

Cette condition suffisante est nécessaire au moins dans les deux cas où le domaine Δ est contenu dans le demi-plan $\xi > 0$ ou contient ce demi-plan.

PHYSIQUE. — *Détermination, au mieux, des paramètres d'une courbe expérimentale, au moyen de caractéristiques absolues données artificiellement à cette courbe.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La détermination la plus sûre des paramètres d'une courbe expérimentale est probablement, comme nous l'avons expliqué (¹), celle qui repose sur l'identification, le long d'intervalles partiels, des valeurs moyennes des ordonnées de la courbe expérimentale et d'une courbe théorique représentative. Mais la méthode suppose un nombre de points expérimentaux assez élevé, et, même dans le cas de courbes théoriques assez simples, elle peut conduire à des calculs numériques très pénibles.

On peut évidemment déterminer les paramètres d'après quelques ordonnées expérimentales, mais le problème est de bien choisir ces ordonnées, et surtout la valeur (qui n'est pas, du fait de l'erreur expérimentale, le chiffre exactement mesuré) à donner à ces ordonnées.

Si, par un artifice, on crée, dans la courbe expérimentale, une propriété absolue, un *maximum* par exemple, il est naturellement moins *arbitraire* de choisir l'ordonnée de ce maximum plutôt qu'une ordonnée quelconque; surtout, du fait de la lente variation de l'ordonnée au voisinage du maximum, la valeur du maximum sera relativement très sûrement déterminée, et un graphique la fera connaître facilement; il ne s'agit plus d'une ordonnée isolée dont la meilleure valeur est assez difficile à choisir : on prend, en quelque sorte, la moyenne de plusieurs ordonnées.

De même, si la courbe transformée admet une inflexion et que l'on connaisse un point de la tangente inflexionnelle, la pente de cette tangente (peu variable au voisinage de l'inflexion) sera particulièrement bien déterminée, et sera, pour la détermination des paramètres, une donnée particulièrement sûre.

Il y a deux manières de donner à une courbe expérimentale de tels caractères absolus : ou bien on ajoute à la fonction expérimentale une expression connue, ou bien on la multiplie par une expression connue. La première a l'avantage de ne pas altérer la répartition des points autour de la courbe régulière passant au mieux à travers eux. Il n'en est plus de même avec la deuxième, mais comme elle est plus féconde, on peut passer sur son inconvénient, en observant que, dans les parties utiles de la courbe transformée, la distribution des points autour de la courbe régulière n'est que modérément altérée. Donnons des exemples.

A une courbe expérimentale qu'il serait opportun de représenter par un polynome du second degré (ax^2+bx+c), on ajoutera l'expression λx, en donnant successivement à λ trois valeurs distinctes, telles que la courbe

(¹) *Comptes rendus*, **210**, 1940, pp. 329 et 475; **211**, 1940, p. 134.

transformée présente un maximum vers le début de l'intervalle expérimental, vers le milieu et vers la fin. On trouve sans peine que les trois valeurs obtenues pour le maximum déterminent les trois paramètres a, b, c.

Une courbe $Ae^{-\alpha x}$ sera, cette fois, multipliée par $(x+\lambda)$. On donnera à λ successivement deux valeurs, par exemple o et λ_1. Du rapport des deux maximums, on déduit immédiatement α, d'où A par le premier maximum.

Si l'asymptote de l'exponentielle n'est pas connue, on appliquera le procédé à $f(x)-f[x+(X/2)]$, X étant l'étendue de l'intervalle expérimental. On a ainsi α et A; l'ordonnée B de l'asymptote apparaît alors comme la valeur moyenne de $f(x)-Ae^{-\alpha x}$. Le caractère exponentiel se vérifie très bien ainsi. On peut généraliser au cas où l'asymptote, au lieu d'être horizontale, est oblique, en appliquant le procédé à une différence de différence.

On peut aussi, dans le cas de la courbe $f(x)=Ae^{-\alpha x}+B$, former le produit $xf(x)$, qui, si B a l'ordre de grandeur convenable (on le modifiera si besoin est), présente maximum, minimum et inflexion. L'ordonnée à l'origine de la tangente d'inflexion se calculant, on a les trois données, maximum, minimum et pente de la tangente d'inflexion, qui permettent de connaître les trois paramètres B, α et A. Nous avons normalisé les calculs. En fait, le procédé est moins commode que le précédent, et il nécessite la connaissance de la fonction expérimentale sur un intervalle un peu trop considérable.

Lorsque l'inflexion est longue, la tangente d'inflexion est très bien déterminée en pente et en position, ce qui fait deux données utiles. Une telle tangente est très précieuse pour le dépouillement des expériences comportant deux exponentielles d'amplitudes de signes contraires, et de constantes (temps ou espace) notablement différentes (propagation de la chaleur, amortissement des systèmes vibrants); c'est un des cas *très rares* où l'inflexion est vraiment *longue* (on la caractérise par le rapport de la dérivée 3e à l'ordonnée maximum).

En fait, il apparaît que l'inflexion est rarement une donnée intéressante au point de vue de cette Note; il suffit de porter son attention sur les maximums et minimums.

L'utilisation que nous avons faite de ces procédés a confirmé la nécessité absolue de points expérimentaux *nombreux* pour la bonne détermination de la courbe expérimentale la plus simple.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Calcul du champ créé par le mouvement d'une charge électrique*. Note (1) de M. **Émile Durand**.

M. R. Reulos (2) a indiqué une méthode qui semble différer essentiellement de la méthode classique; nous allons montrer qu'elle lui est entièrement équivalente.

(1) Séance du 6 novembre 1944.

(2) *Annales de Physique*, 7, 1937, pp. 700-789; *Cahiers de Physique*, 3, 1941, pp. 1-14.

Cet auteur admet que le champ électrique de la charge au repos a pour expression ([3])

$$E_0^w = r^{-3} r^w \quad \text{avec} \quad r^w = x^w - \xi^w; \qquad r = \sqrt{r_w^w},$$

$w = 1, 2, 3$; x^w sont les coordonnées du point où l'on calcule le champ; ξ^w sont les coordonnées de la charge supposée ponctuelle et égale à l'unité. Quand la charge est en mouvement, $\xi^w = f^w(t)$, les E_0^w deviennent des fonctions du temps et des x^w; on admet alors que $\vec{E}_0$ engendre un champ magnétique $\vec{H}_0$ conformément aux équations de Maxwell dans le vide; ce champ magnétique variable engendre un nouveau champ électrique $\vec{E}_1$, et ainsi de suite indéfiniment. Le champ définitif se présente donc sous forme de développement en série

$$\vec{E} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \vec{E}_n, \qquad \vec{H} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \vec{H}_n;$$

on a, pour calculer les termes successifs, les relations ([4])

$$(1) \quad \begin{cases} \partial^4 \overrightarrow{H_{n-1}} = -\operatorname{rot} \vec{E}_n, & \partial^4 \vec{E}_n = \operatorname{rot} \vec{H}_n; \\ \operatorname{div} H_n = 0, & \operatorname{div} E_n = 0. \end{cases}$$

M. R. Reulos a donné de (1) les solutions suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} \mathcal{H}_p^w = \dfrac{p-1}{p!} (\partial^4)^p r^{p-3} [r^u \xi^v - r^v \xi^u], \\ \mathcal{E}_p^w = \dfrac{p-1}{p!} (\partial^4)^{p-1} [(p-3) r^{p-5} \xi_v r^{wv} - (p-1) r^{p-3} \xi^w], \end{cases}$$

p prenant soit les valeurs paires $p = 2n$, soit les valeurs impaires $p = 2n+1$; on aura une solution plus générale en prenant

$$(3) \qquad H_n = \mathcal{H}_{2n} + K\mathcal{H}_{2n+1}, \qquad E_n = \mathcal{E}_{2n} + K\mathcal{E}_{2n+1},$$

où K est un coefficient numérique quelconque.

Nous ferons correspondre aux champs (2) les potentiels

$$(4) \qquad \mathcal{A}_p^w = \frac{1}{p!} (\partial^4)^p r^{p-1} \xi^w, \qquad \mathcal{A}_p^4 = \frac{1}{p!} (\partial^4)^p r^{p-1}$$

et aux champs (3) les potentiels $A_n = \mathcal{A}_{2n} + K\mathcal{A}_{2n+1}$; on a

$$H_n^w = \partial^u A_n^v - \partial^v A_n^u, \qquad E_n^w = -\partial^w A_n^4 - \partial^4 A_{n-1}^w;$$

à cause de la présence des indices n et $n-1$ au second membre de E_n^w, ce n'est

---

([3]) On fait usage de la règle de sommation du calcul tensoriel dans l'espace euclidien ordinaire $r_w^w = r_w r^w = (\vec{r})^2$.

([4]) $x_4 = ct$; $\partial^4 = \partial/\partial x_4$; $\partial^w = \partial/\partial x^w$; $\dot{\xi}^w = \partial^4 \xi^w$; (uvw), permutation circulaire de 1, 2, 3.

pas la relation habituelle entre les champs et les potentiels; mais, si l'on pose

$$A^{w}=\sum_{n=0}^{n=\infty}A_{n}^{w}, \qquad A^{4}=\sum_{n=0}^{n=\infty}A_{n}^{4};$$

comme $E_{0}^{w}=-\partial^{w}A_{0}^{4}$, on a, entre les champs et les potentiels résultants, les relations classiques $H^{w}=\partial^{u}A^{v}-\partial^{v}A^{u}$, $E^{w}=-\partial^{w}A^{4}-\partial^{4}A^{w}$.

On vérifie sans peine que l'on a $\partial_{u}A_{n}^{u}=-\partial_{4}A_{n}^{4}$; $\partial_{u}^{u}A_{n}=\partial_{4}^{4}A_{n-1}$, d'où l'on déduit que les potentiels résultants satisfont à la condition de Lorentz et à la relation $\square A=0$.

Si l'on a q charges e_i de vitesses $c.\dot{\xi}_{i}^{w}$, situées à des distances r_i du point x^{w} et, si l'on se borne aux valeurs $K=\pm 1$, on aura

$$(5)\qquad A^{w}=\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{n!}(\pm\partial^{4})^{n}\sum_{i=1}^{i=q}r_{i}^{n-1}e_{i}\dot{\xi}_{i}^{w}, \qquad A^{4}=\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{n!}(\pm\partial^{4})^{n}\sum_{i=1}^{i=q}r_{i}^{n-1}e_{i}.$$

Pour établir l'équivalence de ces dernières formules et des formules classiques nous partirons de

$$(6)\qquad A^{w}=\iiint_{(v)}r^{-1}[\rho\dot{\xi}^{w}]_{(x_4\pm r)}\,d\tau, \qquad A^{4}=\iiint_{(v)}r^{-1}[\rho]_{(x_4\pm r)}\,d\tau.$$

r est une fonction des six variables (x_{w}, ξ_{w}) mais non de x_4; on peut donc développer la fonction de l'argument $x_4\pm r$ en série de Taylor; on obtient

$$(7)\qquad A^{w}=\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{n!}(\pm\partial^{4})^{n}\iiint_{(v)}r^{n-1}\rho\dot{\xi}^{w}\,d\tau, \qquad A^{4}=\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{n!}(\pm\partial^{4})^{n}\iiint_{(v)}r^{-1}\rho\,d\tau.$$

Nous avons ainsi retrouvé les formules (5), car on a l'équivalence

$$\sum_{i}r_{i}^{n-1}e_{i}\dot{\xi}_{i}^{w}\sim\iiint_{(v)}r^{n-1}\rho\dot{\xi}^{w}\,d\tau$$

entre les conceptions discontinues et continues.

Voici un exemple d'application de nos formules (5).

Mouvement rectiligne et uniforme d'une charge. — On donne

$$\xi^{w}=\beta^{w}x_{4}+\xi_{0}^{w}, \qquad \text{d'où}\quad \dot{\xi}^{w}=\beta^{w}=\frac{v^{w}}{c}=\text{const.};$$

il y a donc entre les potentiels la relation bien connue $A^{w}=\dot{\xi}^{w}A^{4}$ et il suffit de calculer A^{4}; les termes $\mathfrak{A}_{2n+1}^{4}$ sont nuls et, pour les termes pairs, on a

$$\mathfrak{A}_{2n}^{4}=\frac{r^{-1}}{n!}\left(-\frac{1}{2}\right)\left(-\frac{1}{2}-1\right)\left(-\frac{1}{2}-2\right)\cdots\left(-\frac{1}{2}-n+1\right)[r^{-2}(\dot{\xi}_{\nu}r^{\nu})^{2}-\dot{\xi}_{\nu}^{\nu}]^{n}.$$

On reconnaît le développement du binome, d'où, pour la somme de la série,

$$A^{4}=r^{-1}[1+r^{-2}(\dot{\xi}_{\nu}r^{\nu})^{2}-\dot{\xi}_{\nu}^{\nu}]^{-}.$$

Si l'on pose

$$M^{uv} = r^u \xi^v - r^v \xi^u,$$

on peut écrire

$$A^4 = [r^2 - M^{uv}_{uv}]^{-\frac{1}{2}} = \left[r^2 - (\vec{r} \wedge \vec{\xi})^2\right]^{-\frac{1}{2}} = r^{-1}[1 - \beta^2 \sin^2 \theta]^{-\frac{1}{2}},$$

θ désignant l'angle que forme le vecteur r^{u} avec le vecteur vitesse ; on reconnaît la formule classique.

OPTIQUE. — *Analyse spectrale d'une onde amortie.* Note de M. **Robert Lennuier.**

Soit l'onde progressive amortie dont l'état vibratoire est défini par

$$y = e^{-2\pi\Gamma\left(t - \frac{r}{c}\right)} e^{-2\pi i \nu_0 \left(t - \frac{r}{c}\right)}.$$

Supposons qu'à une distance r de la source suffisamment grande pour que la portion de cette onde, qui sera utilisée, puisse être considérée comme plane, elle tombe normalement sur un réseau plan de pas a, et qu'on observe l'intensité de l'onde diffractée par le réseau en fonction de la direction, définie par son angle θ avec la direction d'incidence.

Lorsqu'on passe d'un trait du réseau au suivant, l'expression de l'état vibratoire de l'onde diffractée par ce trait est multipliée par

$$e^{2\pi\Gamma \frac{\Delta r}{c}} e^{2\pi i \nu_0 \frac{\Delta r}{c}},$$

où

$$\Delta r = a \sin \theta.$$

Posant

$$\varphi = 2\pi \Delta r \frac{\nu_0}{c},$$

on trouve, par un calcul analogue au calcul classique, que l'intensité diffractée dans la direction θ par N traits consécutifs du réseau est

$$|z|^2 = \text{const.} \times \frac{\left(1 - e^{-N\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi}\right)^2 + 4 e^{-N\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi} \sin^2 N \frac{\varphi}{2}}{\left(1 - e^{-\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi}\right)^2 + 4 e^{-\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi} \sin^2 \frac{\varphi}{2}},$$

$|z|^2$ est fonction de θ par l'intermédiaire de φ.

Lorsque le réseau reçoit une onde monochromatique plane (train d'ondes non amorti), on peut à chaque direction θ faire correspondre une fréquence ν par

$$2k\pi = 2\pi a \frac{\nu}{c} \sin \theta,$$

k étant l'entier (petit) qui fixe l'ordre du spectre considéré. Il est intéressant de déterminer quel domaine des fréquences ν ainsi définies couvre la figure de diffraction donnée de l'onde y par le réseau ; cela revient à faire le changement

de variable de θ en ν, soit

$$\varphi = 2k\pi\frac{\nu_0}{\nu} = 2k\pi + 2k\pi\frac{\nu_0-\nu}{\nu}.$$

Supposant d'autre part que la mesure, commencée à l'époque t, est interrompue à l'époque $t+\tau$; le nombre N des traits utilisés vérifie

$$\tau = \mathrm{N}\frac{\Delta r}{c} = \mathrm{N}\frac{k}{\nu}$$

(on suppose que le réseau est idéal, c'est-à-dire comporte autant de traits qu'il est nécessaire).

Introduisant cette durée τ de la mesure, il vient

$$|z|^2 = \text{const.} \times \frac{(1-e^{-2\pi\Gamma\tau})^2 + 4e^{-2\pi\Gamma\tau}\sin^2\pi(\nu_0-\nu)\tau}{\left(1-e^{-2\pi\Gamma\frac{\tau}{\mathrm{N}}}\right)^2 + 4e^{-2\pi\Gamma\frac{\tau}{\mathrm{N}}}\sin^2\pi\frac{\nu_0-\nu}{\mathrm{N}}\tau},$$

qui fixe la répartition, dans l'échelle des fréquences ν, de l'onde diffractée de part et d'autre de la direction correspondant à $\nu = \nu_0$.

Le dénominateur peut, avec une approximation excellente, s'écrire sous une forme plus simple. En effet $\Gamma\tau/\mathrm{N} = k\Gamma/\nu$ est très petit (par exemple de l'ordre de 10^{-8}); $\pi(\nu_0-\nu)\tau/\mathrm{N} = k\pi(\nu_0-\nu)/\nu$ est également très petit en valeur absolue si, ce que l'on peut toujours supposer, $|\nu_0-\nu| \ll \nu_0$; [l'intensité diffractée, pour un ordre k donné, dans un domaine des ν ne satisfaisant pas cette condition, est parfaitement négligeable ([1])]. Il vient alors

$$|z|^2 = \text{const.} \times \frac{(1-e^{-2\pi\Gamma\tau})^2 + 4e^{-2\pi\Gamma\tau}\sin^2\pi(\nu_0-\nu)\tau}{(\nu_0-\nu)^2+\Gamma^2}.$$

Cette expression est identique à celle que fournit la Mécanique ondulatoire lorsqu'on calcule la probabilité pour qu'un atome, excité à l'instant $t=0$ émette avant l'instant t un photon de fréquence ν. La grandeur $(4\pi\Gamma)^{-1}$ est alors la vie moyenne de l'atome dans l'état excité, et ν_0 la fréquence de Bohr correspondant à la transition de retour au niveau fondamental. Toutefois la grandeur τ introduite dans $|z|^2$ est alors remplacée par une variable t qui ne paraît pas s'identifier immédiatement avec τ. G. Breit ([2]), dans son étude *Quantum Theory of Dispersion*, considère t comme le temps écoulé depuis l'instant d'excitation de l'atome. Il déduit alors de l'expression $|c_s|^2$ de la probabilité cherchée (expression identique à notre $|z|^2$ à cette substitution près de t à τ) que *les probabilités relatives d'émission des diverses fréquences varient avec l'instant de l'émission*, les fréquences les plus éloignées du centre ($|\nu_0-\nu| \gg \Gamma$) étant émises les premières [$t \ll (4\pi\Gamma)^{-1}$]. En nous reportant

([1]) *Reviews of Modern Physics*, 5, 1933, p. 93.

([2]) Nous laissons de côté le cas où le rayonnement présenterait un amortissement exceptionnellement élevé.

à notre expression $|z|^2$, où τ représente, non pas le temps écoulé depuis l'excitation de l'atome, mais seulement la durée de l'observation, nous sommes conduit à rejeter l'interprétation de Breit : le début de la durée τ peut en effet se situer à n'importe quel instant postérieur à l'excitation de l'atome, en sorte que les fréquences ν sur lesquelles, après passage à travers le réseau, peut apparaître le photon, possèdent les mêmes probabilités respectives, quelle que soit l'ancienneté de l'excitation.

En réalité la variable t possède exactement la même signification que τ : la quantité $|c_s|^2$ de Breit représente les résultats possibles, avec leurs probabilités respectives, d'une observation qui doit nécessairement se poursuivre de l'instant o à l'instant t; quant à l'instant $t = 0$, rien n'oblige à le faire coïncider avec l'instant de l'excitation de l'atome : c'est simplement un instant où l'observateur a la certitude que l'atome est encore dans l'état excité, et à partir duquel commence la mesure.

On voit donc que *c'est seulement la limitation de la durée de la mesure qui entraîne l'élargissement du profil de la raie naturelle observée*, lorsque l'on diminue t, et que les grandeurs $|c_s|^2$ ou $|z|^2$ nous permettent en somme de formuler avec précision la quatrième relation d'incertitude de Heisenberg.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence d'une liaison* (CH←O) *dans les aldéhydes par leur spectre infrarouge; conséquences spectrales et chimiques.* Note de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. Szobel et nous-mêmes [1] avons montré l'existence d'une liaison intramoléculaire (CH←O) pour les composés oxygénés tels que $(CH^3)^2O$ par exemple; des bandes infrarouges caractéristiques de cette liaison (CH←O) traduisent la perturbation de l'oscillateur CH par l'atome d'oxygène. Dans la présente Note nous nous proposons 1° de montrer qu'un effet semblable, d'ailleurs plus marqué, s'observe pour les aldéhydes; 2° d'en tirer des conclusions sur les réactions chimiques étudiées par M. Vavon et ses élèves [2].

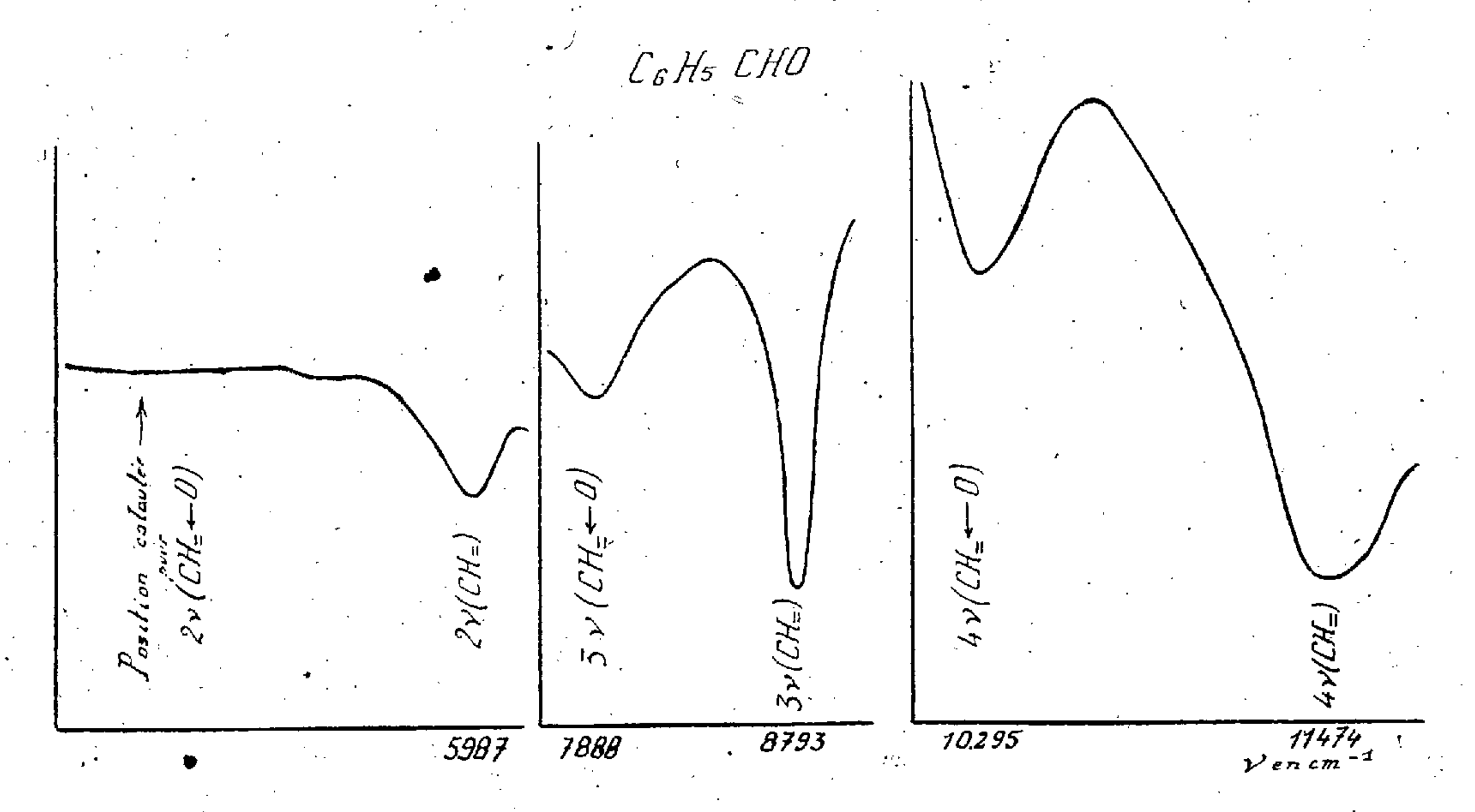
I. *Spectres d'absorption infrarouge des aldéhydes benzoïque et salicylique.* — Nous avons examiné entre 0,8 et 2$^{\mu}$,2 environ le spectre infrarouge de C^6H^5CHO et $C^6H^4(OH)(CHO)$, *ortho*. La figure, relative à l'aldéhyde benzoïque, conduit à l'observation suivante (confirmée par l'étude de l'aldéhyde salicylique) : Les fréquences harmoniques 4ν(CH=) et 3ν(CH=), voisines respectivement de 11474 et 8793 cm^{-1}, (0,8715 et 1,1373$^{\mu}$), *sont accompagnées toutes deux des bandes* 4ν(CH=←O) *et* 3ν(CH=←O) *vers* 10295 *et* 7888 cm^{-1}. *Comme*

---

(1) M. et R. Freymann, *Cahiers de Physique*, 14, 1943, p. 49; L. Szobel, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 315, 347 et 834.

(2) Vavon et Anziani, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 20; Vavon et Montheard, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, p. 551; Montheard, *Thèse*, Paris, 1941.

pour $(CH^3)^2O$, *ces bandes résultent de la perturbation de l'oscillateur* CH *par l'atome d'oxygène immédiatement voisin;* on notera que le déplacement de



fréquence est plus grand que pour la perturbation des éthers-oxydes, mais que la bande (CH←O) est peu intense pour les aldéhydes.

Ces résultats expérimentaux ont été confirmés pour diverses aldéhydes aliphatiques R(CHO), par M. Krausz et l'un de nous; ce travail sera publié ailleurs. Ajoutons qu'*aucune cétone ne montre le phénomène observé* pour les aldéhydes.

II. *La liaison* (CH←O) *des aldéhydes et la chélation sont deux phénomènes distincts.* — Les données précédentes permettent de modifier les conclusions tirées par M. Vavon de ses importantes études sur la *chélation* des aldéhydes (²): au lieu d'admettre la formule (A), prouvée par diverses méthodes physico-chimiques et confirmée par l'infrarouge (³), cet auteur proposait la formule (B)

(A) (B)

(³) R. Freymann, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 517, et 10, 1939, p. 1; R. Freymann et R. Heilmann, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 415.

Cette hypothèse était basée sur les mesures de vitesse de réaction avec NH^2OH, $NH^2NHC^6H^5$, $NH^2CONHNH^2$ etc. de nombreuses aldéhydes ou cétones notamment (I) C^6H^5CHO; (II) et (III) $C^6H^4(CHO)(OH)$ *ortho* et *para*; (XII) et (XIII) $C^6H^4(CHO)(OCH^3)$ *ortho* et *para*; (XVI) $C^6H^5COCH^3$; (XVII) et (XVIII) $C^6H^4(COCH^3)(OH)$ *ortho* et *para* etc.

La conclusion de cette étude chimique [la formule (B)] est en désaccord sur deux points cruciaux avec les données physicochimiques : 1° Si l'on admettait la formule (B), le composé (XVII) ne pourrait être chélaté, puisqu'il n'y a pas d'hydrogène aldéhydique. Or, dans l'infrarouge, la bande $3\nu(OH)_v$ n'apparaît pas : il y a donc certainement chélation, et seule la formule (A) peut en rendre compte; cette remarque reste valable pour d'autres composés hydroxylés. 2° Selon les mesures de vitesse de réaction, (XII) serait chélaté. Or ce composé ne présente pas d'anomalie physicochimique ([2]); d'autre part il ne renferme pas le groupement OH, alors que la présence de l'oxhydrile est nécessaire ([3]) pour qu'il y ait chélation.

Le désaccord que nous venons de souligner résulte de l'existence de deux phénomènes nettement distincts (dont le second n'était pas connu de M. Vavon, puisque nous le mettons en évidence ici pour la première fois) :

1° *Le phénomène de chélation*, qui existe aussi bien pour les aldéhydes que pour les cétones lorsque le groupement OH est en *ortho* par rapport à C=O.

2° *Le phénomène de la liaison* ($CH \leftarrow O$), qui existe pour tous les aldéhydes qu'ils soient, ou non, chélatés (C^6H^5CHO par exemple); mais ce phénomène n'existe certainement pas pour les cétones.

En résumé, si la possibilité d'un équilibre de résonance entre les formes (A) et (B) ne peut être exclue à priori, il est prouvé, par les spectres infrarouges, que la forme (A) est prédominante dans les composés chélatés. En outre la méthode spectrale a permis de bien souligner que *les aldéhydes chélatés forment une classe à part parmi les composés chélatés, car deux phénomènes sont alors superposés.*

PÉDOLOGIE. — *Composition, genèse et âge des sols montagnards tourbeux du Cantal.* Note ([1]) de M. **Georges Dubois**, Mme **Camille Dubois** et M. **Fridolin Firtion**.

Dans le massif volcanique du Cantal les sols montagnards tourbeux se montrent surtout plus haut que 1400m, au-dessus des pentes forestières. Nous les avons étudiés aux abords et aux sommets du Plomb du Cantal (1858m), du Puy Griou (1694m) et du Puy Mary (1787m). Ils y sont épais de quelques centimètres aux sommets à quelques décimètres sur certaines pentes douces. Généralement recouverts du tapis végétal qui contribue à leur établissement,

([1]) Séance du 24 juillet 1944.

ils sont parfois mis à nu par l'érosion naturelle ou par le passage de l'homme ou des bestiaux. Ils ne montrent pas de stratification nette. A l'état humide ils sont franchement noirs, apparemment très tourbeux, cohérents et pâteux. A l'état sec, ils sont moins noirs, fragiles, pulvérulents et montrent, à l'œil nu ou à la loupe, une constitution sableuse.

Ils comportent une trame minérale, la matière humique et des restes végétaux.

A l'exception de quelques gravillons et fragments rocheux pouvant atteindre toutes dimensions, la *trame minérale* est essentiellement formée d'esquilles sableuses plates, à bords peu émoussés, de 10 à 50^{μ}, et, pour une moindre part, de fines particules de quelques μ ou plus fines encore. Il s'y adjoint des grains de sable de 100 à 300^{μ} dépassant rarement le demi-millimètre, le plus souvent anguleux, parfois bien roulés. Tous ces éléments paraissent, en grande partie, être d'apport éolien.

La *matière humique*, qui agglomère entre elles les particules minérales, a été dosée sur échantillon séché jusqu'à poids constant (à 18-20° sur chlorure de calcium), par examen colorimétrique de l'extrait à la lessive de soude 2N. Sa teneur n'est généralement que de l'ordre de 15 à 20 %, parfois moindre.

Les *restes végétaux*, plus ou moins humifiés, toujours rares, sont, hors des radicelles dans les quelques centimètres les plus voisins de la surface, des spores de Fougères, des pollens de Chénopodiacées, d'Ericacées, de *Scabiosa*, de Graminées, de Cypéracées et d'arbres forestiers, tous d'apport éolien plus ou moins lointain. Spores ou pollens, présents partout à tous niveaux étudiés, y sont en bon état de conservation à quelques exceptions près.

Le pourcentage pollinique global basé sur l'ensemble de 20 prélèvements, se présente comme suit : Fagabiétaie 75,89 (*Abies* 48,19 et *Fagus* 27,7), *Pinus* 15,21, *Quercus* 4,79, *Alnus* 2,13, *Betula* 1,21, *Fraxinus* 0,68, *Picea* 0,08 et (séparément compté ainsi que dans l'analyse pollinique des tourbes) *Corylus* 2,35. Dans ce spectre pollinique le pourcentage de la Fagabiétaie est nettement plus élevé que celui de la forêt subterminale ou terminale diversifiée que révèlent les couches superficielles récentes des tourbières cantaliennes ([2]). On peut en déduire que les sols étudiés ne sont pas actuels sur toute leur épaisseur et qu'ils ont une certaine ancienneté historique ou préhistorique.

Nous avons tenté de préciser ce concept en nous adressant à des sols suffisamment épais et assez riches en pollens pour se prêter à l'établissement de diagrammes polliniques. Le plus instructif à cet égard, épais de 60^{cm}, fut relevé près de Saint-Jacques-des-Blats (vallée de la Cère), au sud-ouest du Puy Lacroix, en une entaille de la prairie subalpine couvrant l'épaulement entre les cirques de Ferval et des Davines, un peu en contrebas du sentier des crêtes, vers l'altitude 1580^{m}. Tout en surface et à 5^{cm} de profondeur, le spectre

([2]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 465.

pollinique est celui de la forêt subactuelle ou actuelle diversifiée, avec Fagabiétaie certes dominante, mais seulement avec pourcentage voisin de 50. Plus bas, entre 10 et 60^{cm}, la Fagabiétaie est beaucoup plus marquante, au point même d'être exclusive de 20 à 40^{cm}. Ceci nous reporte à une période forestière subatlantique, le plus vraisemblablement contemporaine de l'âge du fer, peut-être un peu plus ancienne encore.

Conclusions. — Les sols montagnards, d'aspect tourbeux, étudiés en Cantal, résultent de l'accumulation de particules minérales d'apport essentiellement éolien, au même titre que les pollens qui y sont mélangés, agglomérées par une matière humique issue de la lente tourbification du tapis végétal, sous le climat montagnard froid et humide. Leur masse, lorsqu'elle est épaisse de plusieurs décimètres, a demandé plusieurs millénaires pour s'accumuler.

MYCOLOGIE. — *Sur le rôle trophique des mycorhizes endotrophes.* Note de M. **Joseph Magrou**, présentée par M. Louis Blaringhem.

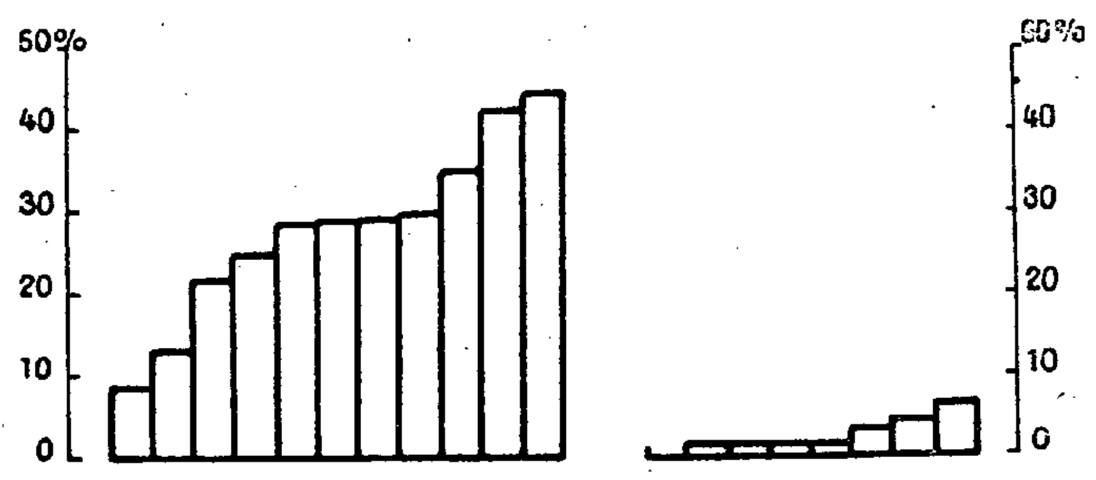
Le rôle trophique des Champignons symbiotiques radicicoles, soupçonné depuis longtemps, a été démontré par M. Melin dans le cas des mycorhizes ectotrophes des arbres humicoles. Les observations ci-dessous plaident également en faveur de l'action trophique des mycorhizes endotrophes.

Poursuivant avec M. Bouget nos recherches sur la culture symbiotique de la Pomme de terre dans les Pyrénées, nous avions semé en 1941, puis en 1943, des graines de cette espèce dans des terrains récemment défrichés, non fumés, choisis pour leur richesse en plantes sauvages à mycorhizes. Ces semis donnèrent des résultats d'une extrême irrégularité : à côté de pieds très vigoureux, d'autres étaient restés chétifs et rabougris et pouvaient sembler, à première vue, atteints de maladies de dégénérescence. Pensant que ce désordre de la végétation tenait peut-être à la carence du sol en éléments utiles à la plante, nous avons fait procéder à l'analyse de la terre de nos champs. Les conclusions furent les suivantes :

La chaux est partout très pauvre, parfois même inexistante. D'une facon générale les matières organiques sont élevées et dans le même sens l'azote est abondant. Mais cet azote organique ne nitrifie pas par suite du manque de chaux. L'acide phosphorique est extrêmement pauvre dans certaines stations, très insuffisant dans d'autres. La potasse assimilable est partout trop faible.

On conçoit que, dans des conditions aussi défavorables, beaucoup de plantes se soient mal développées. Il est plus surprenant que d'autres aient réussi à prospérer dans les mêmes terrains. Soupçonnant en ce cas une intervention des mycorhizes, nous avions fixé des racines d'un certain nombre de pieds, les uns d'apparence saine, les autres d'apparence malade. Les racines de chaque pied, rassemblées en faisceaux, ont été débitées en coupes en série et examinées après coloration; pour chaque pied on a compté le nombre total de racines

observées, le nombre de racines infestées et, parmi ces dernières, on a distingué celles qui renfermaient des Champignons vivants et celles dont les Champignons avaient été entièrement détruits par phagocytose. Ces numérations, qui ont porté sur 19 plantes, dont 11 d'apparence saine et 8 d'apparence malade, ont montré que, chez les plantes saines, une forte proportion de racines (27,60 % en moyenne) renferment des Champignons vivants, présentant tous les organes caractéristiques des mycorhizes : troncs mycéliens principaux en pleine vitalité, à cytoplasme bien visible, arbuscules, vésicules. Dans certaines de ces racines, les arbuscules sont digérés par les cellules qui les contiennent, mais cette phagocytose reste partielle et respecte les troncs mycéliens principaux qui, demeurés vivants, propagent l'infestation dans les cellules voisines. Chez les pieds d'apparence malade, que l'infestation totale soit insignifiante ou notable, les racines renfermant du mycélium *vivant* sont en faible proportion (2,21 % en moyenne); dans la plupart des racines infestées, le Champignon a été digéré *en totalité*, y compris les filaments principaux, et l'infestation s'est trouvée dès lors arrêtée; les plantes, résistantes à l'infection mycorhizienne, se sont affranchies de la symbiose (voir la figure).



Pourcentage des racines renfermant du mycélium vivant : *à gauche*, chez les plantes saines; *à droite*, chez les plantes malades.

Voici comment, à la lumière de ces observations, on peut tenter d'interpréter les faits :

En règle générale, les racines absorbent mal les composés azotés organiques présents dans le sol. La terre de nos champs, où l'azote existe sous forme organique, devait donc convenir imparfaitement à la Pomme de terre. Par contre les Champignons, eux, peuvent utiliser l'azote organique du milieu extérieur. Chez les pieds qu'ils envahissent et avec lesquels ils contractent une symbiose durable, ils sont digérés de façon lente et partielle par les cellules et assurent ainsi à la plante une source continue de nutrition azotée. Chez les pieds qui détruisent le champignon en totalité, l'aliment azoté qu'il représente est consommé d'un seul coup et la plante est, par suite, condamnée à souffrir d'inanition. Si bien que, dans ces conditions, la Pomme de terre prospère ou dépérit selon qu'elle est sensible ou résistante à l'infection par les Champignons de mycorhizes.

Il est vraisemblable que les endophytes favorisent aussi la nutrition minérale de la plante. Les Champignons en effet sont capables, grâce au mécanisme désigné par M. Lapicque sous le nom d'*épictèse*, de concentrer le potassium dans leur protoplasme, même s'ils végètent dans un milieu qui n'en renferme que des traces. Parvenus dans les racines avec lesquelles ils contractent la symbiose, ils cèdent le potassium à la plante, soit que cet élément diffuse à travers leur membrane, dont la surface de contact avec le protoplasme de l'hôte se trouve prodigieusement accrue du fait de la ramification à l'extrême des arbuscules, soit que la cellule l'absorbe en digérant les arbuscules. Ainsi s'expliquerait le fait que les Pommes de terre soumises à la symbiose puissent prospérer dans un sol carencé en potassium.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les phénomènes de développement des tubercules de Carotte*. Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les expérimentateurs qui ont cherché dans le tubercule de Carotte un matériel particulièrement favorable pour les cultures de tissus végétaux et les divers ordres de recherches qui y sont liés, ont utilisé, d'une manière assez uniforme, un même type de raisonnement expérimental. Le cytologiste par exemple découpe côte à côte dans un tubercule deux fragments apparemment identiques. L'un est fixé en vue de l'étude des types cellulaires qui le constituent; l'autre est mis en culture et, après un temps suffisant, permet la recherche des modifications qui se sont produites au cours de la culture. Le premier fragment est *le témoin* du second.

Un tel raisonnement appelle une critique. Certes le fragment en question constitue un *premier témoin*, puisqu'il garde l'image de ce qu'étaient les tissus au début de la culture; mais il ne saurait être le seul témoin avec qui la comparaison doive être faite. Il faut comparer les tissus à ce qu'ils seraient devenus s'ils étaient demeurés en place dans l'organe auquel ils appartenaient, suivant les diverses conditions qui peuvent être faites à cet organe laissé intact. Ainsi se trouvera rencontrée une *seconde série de témoins* nécessaires, dont l'omission revient à considérer implicitement le tubercule comme totalement inerte à partir du moment où l'on procède à la mise en culture des explants. Or précisément il se produit, ou peut se produire, aux conditions naturelles ou expérimentales, d'importants phénomènes de croissance. L'examen de ceux-ci précise la signification réelle des développements d'organes ou de tissus qui, rencontrés dans les cultures d'explants, sont *apparemment causés* par la culture.

1. *Racines*. — Au comportement bien connu de la partie aérienne dans sa seconde année, correspond généralement une deuxième formation de radicelles. Le contact physiologique du tubercule avec le sol est rompu à la fin de la première année; des radicelles nouvelles se développent au printemps de la

deuxième année, à partir des plages rhizogènes. Elles peuvent apparaître dès la première année et former une touffe plus ou moins dense sur chaque plage rhizogène, par exemple quand la racine principale est coupée ou fortement endommagée à la pointe du tubercule par le *Blaniulus guttulatus* Bosc. ou par une section expérimentale. Ce développement de racines n'est évitable que par l'ablation de tous les bourgeons axillaires; il suffit qu'on en omette un seul pour que la seconde poussée de radicelles se développe dans le milieu où les tubercules sont conservés, si sec soit-il.

Quels que soient les phénomènes hormonaux en jeu, la formation de radicelles constitue donc l'évolution normale de certains tissus du tubercule. L'apparition d'une racine sur un explant en culture a donc une valeur toute différente suivant la position qu'avait ce fragment dans le tubercule; on ne devra pas appliquer le même terme *action rhizogène* à l'induction du développement normal pour un explant pris sur l'une des lignes de radicelles et à la néoformation vraie qui peut être obtenue ([1]) d'un explant excluant les zones prédéterminées à la formation de racines.

2. *Croissance du tubercule.* — Avant le développement des inflorescences, le tubercule, qui a repris le contact physiologique avec le sol, présente souvent une deuxième période de croissance par fonctionnement de l'assise génératrice libéroligneuse. Cette croissance peut se réaliser à la même époque sur un tubercule arraché; elle n'exige même pas, comme celle des radicelles, la présence d'un bourgeon; elle est localisée à la *région apicale*, qu'elle élargit parfois considérablement, passant par exemple de 3 à 20^{mm}, et est consécutive à des *migrations d'eau et de substances* provenant du reste du tubercule.

Une telle croissance peut être rencontrée, avec même polarité, dans les cultures d'explants.

3. *Proliférations de tissus et de cellules.* — Ce sont les réactions aux sections inévitables dans l'isolement des tubercules comme dans le prélèvement des explants.

A. Les proliférations de tissus conduisent à la formation d'assises secondaires libéroligneuses qui fournissent un cal pouvant recouvrir tout ou partie des sections. Un tel cal peut déborder largement les surfaces sur lesquelles il a pris naissance : à l'extrémité effilée d'une Carotte de Chantenay, le cal formé sur une section de 3^{mm} de large a donné une prolifération grossièrement hémisphérique de 30^{mm} de diamètre et pesant plus de 5^{g}. Des proliférations globuleuses apparaissent sur l'emplacement des radicelles. On peut même constater la formation de petits cals sur la surface de section du collet, manifestant une polarité toute différente des phénomènes de croissance et de prolifération habituels.

([1]) R. Buvat, *Thèse de Paris*, 1944 (sous presse).

B. Il arrive enfin que, sans qu'un cal de tissus secondaires s'organise, une surface de section se recouvre d'une sorte de feutre fait de files cellulaires ramifiées, en tout semblables aux *pseudo-thalles* décrits par R.-J. Gautheret ([2]) et formant en se flétrissant des écailles brunes superficielles.

Croissance et prolifération peuvent se combiner d'une façon extrêmement variable et fournir des apparences très diverses. Leur étude montre que les principaux faits qui ont été révélés et analysés grâce aux cultures d'explants sont la reproduction et parfois l'amplification de phénomènes normaux, et que les conditions de culture *in vitro* en *facilitent la réalisation, sans en être la cause.*

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Analyse des sécrétions de Pin et d'Épicéa.* Note de M. **René Lombard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les Pins de toute espèce, lorsqu'ils sont blessés, laissent exsuder une oléorésine dénommée térébenthine ou gemme. La composition de cet exsudat, lorsqu'il parvient aux centres de récolte, est en moyenne la suivante : essence de térébenthine 20 % ; acides résiniques 70 % ; eau et impuretés 10 %.

La plus grande partie des acides résiniques (70 % environ) se trouve, dans la gemme, à l'état cristallisé; une partie plus faible (30 % environ) est à l'état de solution dans l'essence. Par essorage de la gemme, on obtient un gâteau, le galipot, qui contient un mélange d'acides résiniques à peu près exempt d'essence. Ce galipot contient les acides résiniques tels qu'ils sont issus de la plante; ce sont les *acides primaires*; ces derniers sont très sensibles à l'action de la chaleur, des acides minéraux, de l'oxygène, de la lumière; un galipot, provenant d'une gemme récoltée en prenant les précautions nécessaires pour éviter l'action des agents qui viennent d'être énumérés, est constitué à peu près exclusivement par un mélange d'acides de formule $C^{20}H^{30}O^{2}$. Fait important, j'ai constaté que ce galipot peut être recristallisé dans l'alcool sans que sa composition soit sensiblement modifiée; les résultats obtenus avec un produit plusieurs fois recristallisé sont donc les mêmes qu'avec le galipot lui-même.

Il résulte d'études antérieures ([1]) que les acides résiniques primaires peuvent être classés en deux groupes :

1° le groupe des acides pimariques, comprenant deux représentants, l'acide lévopimarique, ($[\alpha]_j - 282°$) et l'acide dextropimarique ($[\alpha]_j + 60°$); à noter que ces corps ne sont pas des inverses optiques;

2° le groupe des acides sapiniques; jusqu'ici aucun acide sapinique n'avait pu être isolé à l'état de pureté; j'ai pu combler cette lacune et obtenir, pour la première fois, un acide sapinique bien défini, que j'ai dénommé *acide dextrosapinique* ($[\alpha]_j + 43°$) et, de plus, montrer que ce corps est vraisemblablement

([2]) *Actualités Scient. et Ind.*, Paris, 1937, p. 44.

([1]) Dupont, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 1221.

le constituant *exclusif* de la la partie dite *sapinique,* lorsqu'elle est parfaitement exempte d'acides pimariques.

Les acides pimariques donnent, en solution aqueuse, des sels de sodium parfaitement cristallisés en paillettes nacrées, répondant à la formule $C^{20}H^{29}O^{2}Na$; les acides sapiniques donnent, dans les mêmes conditions, des sels de sodium beaucoup plus solubles, amorphes et mal définis. L'acide dextropimarique est caractérisé par sa stabilité vis-à-vis des acides et de divers autres agents; l'acide lévopimarique et les acides sapiniques sont, par contre, beaucoup moins stables; en particulier *ils se transforment intégralement en acide abiétique* sous l'action des acides, en particulier de l'acide chlorhydrique; à cet acide abiétique, de formule $C^{20}H^{30}O^{2}([\alpha]_j - 100^\circ)$, j'ai consacré de nombreux travaux notamment ma *Thèse* (Paris, 1943).

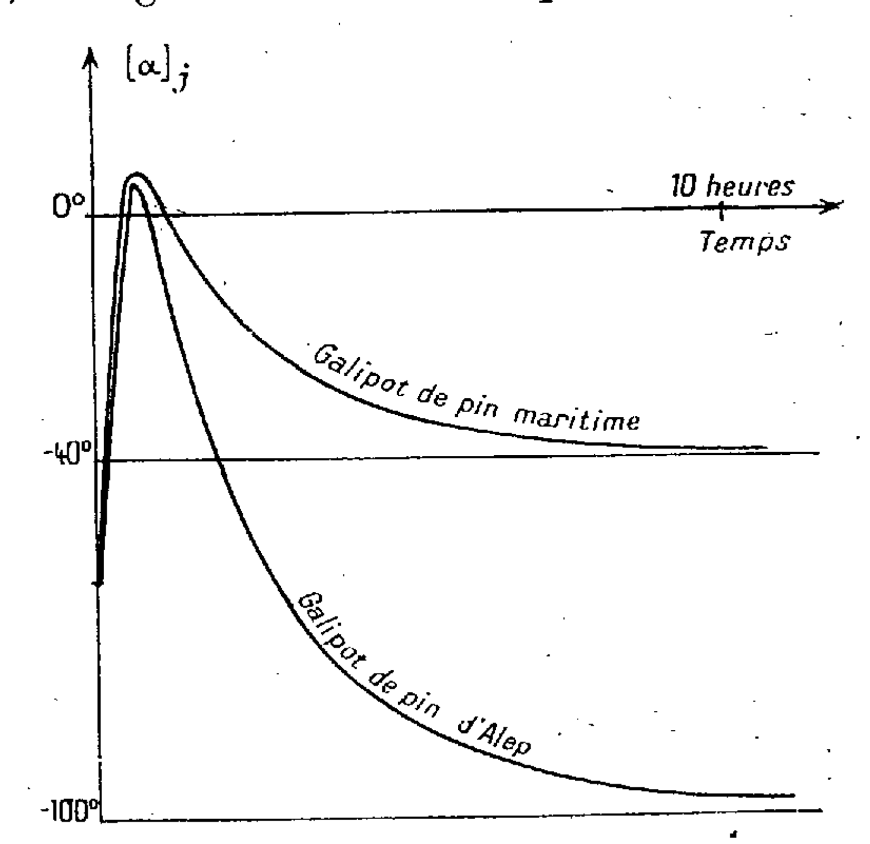
La méthode d'étude des galipots que je propose comporte la détermination des données suivantes :

a. courbe représentant la variation du pouvoir rotatoire du produit en fonction du temps, au cours de son isomérisation chlorhydrique;

b. détermination de sa teneur en acide lévopimarique;

c. détermination de sa teneur en acide dextropimarique.

a. L'isomérisation chlorhydrique est effectuée dans le tube polarimétrique lui-même, dans une solution alcoolique normale d'acide chlorhydrique; la marche du phénomène est représentée par une courbe *en cloche* comme l'avait déjà remarqué Dupont; la figure ci-dessous représente les courbes relatives aux



galipots de Pin d'Alep et de pin maritime. Le pouvoir rotatoire initial, au sommet de la courbe et à la fin de la réaction, est soigneusement noté.

b. L'acide lévopimarique est, de tous les acides résiniques, le seul qui entre en combinaison avec l'anhydride maléique à la température ordinaire, comme l'avait suggéré Ruzicka (*Helv.*, 20, 1937, p. 1546); j'ai contrôlé ce fait et l'ai mis à profit pour doser l'acide lévopimarique dans les galipots, en opérant à 15°

dans le toluène, suivant les techniques aujourd'hui classiques de la diénométrie.

c. Les acides sapiniques, s'ils ne se combinent pas à l'anhydride maléique, à la température ordinaire, le font par contre à 180°, en donnant le même produit que l'acide lévopimarique à froid; l'acide dextropimarique ne se combine pas, même à 210°. Dans ces conditions, la détermination de l'indice de diène à 180°, en tube scellé, m'a permis de doser en bloc l'ensemble des acides sapiniques et de l'acide lévopimarique, d'où, par différences et en tenant compte du résultat *b*, l'acide dextropimarique et les acides sapiniques. La détermination de l'acide dextropimarique est contrôlée par une méthode polarimétrique voisine de celle de Sandermann (*Ber. d. chem. Ges.*, 75, 1942, p. 174) qui repose sur le fait que ce constituant est le seul qui ne s'isomérise pas en acide abiétique; la loi de Biot, appliquée au galipot complètement isomérisé, permet de déduire sa teneur en acide dextropimarique; les deux méthodes donnent des résultats concordants. Voici les résultats relatifs à l'étude de quelques sécrétions résineuses.

Acide...	lévopimarique.	dextropimarique.	sapinique.
Galipot de Pin d'Alep..........	24 %	0 %	76 %
» » maritime........	35	30	35
Résine d'Épicéa...............	42	20	38

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation du cytochrome par les Champignons Basidiomycètes*. Note de M. **Henri Belval** et de Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Maurice Javillier.

On admet, à la suite de Keilin [1], que la cytochrome-oxydase oxyde *directement* le cytochrome, et lui seul. On en conclut que tout extrait d'organe, animal ou végétal, qui se montre capable d'oxyder le cytochrome, celui-ci fût-il ajouté au milieu, contient de ce chef la cytochrome-oxydase. C'est pour cette raison que Shibata [2], en 1935, signalait, sous le nom d'*indophénol-oxydase*, la présence de cet enzyme dans quelques Basidiomycètes (*Lactarius vellereus* et *Lactarius piperatus*) dépourvus de cytochrome, comme tous les Champignons supérieurs.

Ce qui ne laisse pas de surprendre toutefois, c'est que dans ces végétaux l'oxydase en question, d'une solubilité remarquable, diffuse avec une très grande facilité : à quelque Lactaire ou Russule que l'on s'adresse en effet (et nous avons expérimenté sur une trentaine d'espèces), il suffit de laisser macérer, pendant une heure environ dans leur poids d'eau distillée, des tranches minces du chapeau ou du pied pour obtenir des préparations actives, faisant rapidement disparaître la raie $550^{m\mu}$ caractéristique du spectre du cytochrome réduit. Rien de tel ne se produit avec les tissus animaux, où la cytochrome-oxydase authentique est si étroitement liée à la structure cellulaire qu'on est obligé d'opérer avec des purées d'organes.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, **106**, 1930, p. 418.

(2) *Erg. Enzymforsch.*, A, 1935, p. 357.

D'autre part ces diffusions, abandonnées en présence de toluène, perdent toute propriété oxydante sur le cytochrome après un temps plus ou moins long, variable avec l'espèce examinée, la nature de l'extrait (jus de presse, diffusion aqueuse, macération glycérinée), la concentration en enzyme; mais, et c'est là un fait sur lequel on ne saurait trop insister, on peut restituer à ces préparations, devenues inactives, le pouvoir d'oxyder à nouveau le cytochrome, par addition au milieu de pyrocatéchol en proportion convenable. Cette addition est d'ailleurs une opération délicate : si la concentration en phénol est trop forte, le pyrocatéchol en excès se transforme en quinone aux dépens de l'oxycytochrome à mesure qu'il se forme, en sorte qu'on n'observe jamais la disparition de la raie $550^{m\mu}$; si la concentration est trop faible, le spectre du cytochrome réduit ne disparaît que lentement et incomplètement; il faut donc déterminer, pour chaque extrait, la teneur optima en pyrocatéchol.

Ajoutons enfin que certaines espèces, qui normalement sont sans action sur le cytochrome, acquièrent, elles aussi, la propriété de l'oxyder par simple addition de pyrocatéchol. C'est le cas notamment de *Amanita muscaria*.

Il paraît difficile dès lors de parler de véritable cytochrome-oxydase, à propos d'un enzyme aussi soluble, qui, au surplus, soit dans les préparations vieillies, soit dans les préparations normalement inactives, ne concourt à l'oxydation du cytochrome que d'une *façon indirecte* par l'intermédiaire d'un phénol. La réalité, c'est que dans tous ces cas, sous l'action de la phénolase (Lactaires et Russules) ou même, à son défaut, de la tyrosinase (*Amanita muscaria*), le pyrocatéchol donne naissance à une quinone qui, à son tour, oxyde le cytochrome. C'est le contraire de ce qu'avait observé Keilin [3] dans un milieu renfermant cytochrome et cytochrome-oxydase, où l'oxycytochrome directement produit transforme le pyrocatéchol en quinone.

Tout porte à croire que, dans les extraits frais de ces Champignons, il existe, à côté des phénolases, une substance possédant la fonction phénol et jouant *in vivo* le rôle du pyrocatéchol dans les essais *in vitro*; ce serait ce système *phénol-phénolase* qu'on aurait pris pour la cytochrome-oxydase. La chose est d'autant plus probable qu'on décèle sans peine, dans les Basidiomycètes, la présence de l'intermédiaire d'oxydation : en effet, en traitant par l'alcool des extraits actifs sur le cytochrome, on peut séparer un précipité, riche en phénolase et pauvre en adjuvant; d'une liqueur appauvrie en phénolase, mais contenant la presque totalité de l'adjuvant, on peut tout aussi bien régénérer les extraits vieillis en employant, au lieu de pyrocatéchol, une macération de tissus préalablement portée à l'ébullition.

Quant à la nature de cet intermédiaire, nul doute qu'il ne s'agisse d'une substance à grosse molécule, car elle dialyse difficilement. Elle libère l'iode de KI en milieu acide dans la réaction de Wolff, ce qui est une sérieuse présomption en faveur de sa structure quinonique, forme sous laquelle elle

---

(3) *Proc. Roy. Soc.*, 125, 1938, p. 171.

existe dans les macérations aqueuses, d'où sont exclues les déshydrogénases fortement adhérentes aux tissus. On ne saurait toutefois se montrer plus précis tant que le corps n'a pas été isolé à l'état de pureté.

C'est là en somme un système oxydant analogue à celui que Szent-Györgyi signalait dans la Pomme de terre, où ce serait le pyrocatéchol lui-même qui servirait d'adjuvant; il n'est pas impossible que, dans les Champignons supérieurs, ce système phénol-phénolase joue un rôle de première importance dans les échanges respiratoires.

TÉRATOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action tératologique élective du rouge neutre sur la mouche Drosophile en vie aseptique*. Note de M. **J.-André Thomas** et Mme **Simone-S. Chevais**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons produit électivement, par l'action du rouge neutre, une malformation d'origine somatique chez la mouche Drosophile en vie aseptique.

On sait que le rouge neutre est le type des colorants vitaux basiques. Il est de très faible toxicité quand il est employé en coloration vitale, de manière convenable; mais il n'est pas inoffensif pour les cellules, lorsque celles-ci continuent à l'accumuler. Des Champignons cultivés dans un milieu renfermant du rouge neutre, par exemple, ne peuvent croître qu'après avoir rejeté à l'extérieur le colorant qu'ils ont absorbé (Guilliermond et Gautheret, 1937) (1). Des chenilles de Ver à soie, qui reçoivent régulièrement du rouge neutre dans leur alimentation, mais seulement depuis le quatrième âge de leur vie larvaire, donnent des Papillons; ceux-ci, bien qu'ils aient certains organes chargés de colorant, sont aptes à la reproduction. Il n'est pas signalé d'anomalies chez ces Papillons (L. Lesperon 1937) (2).

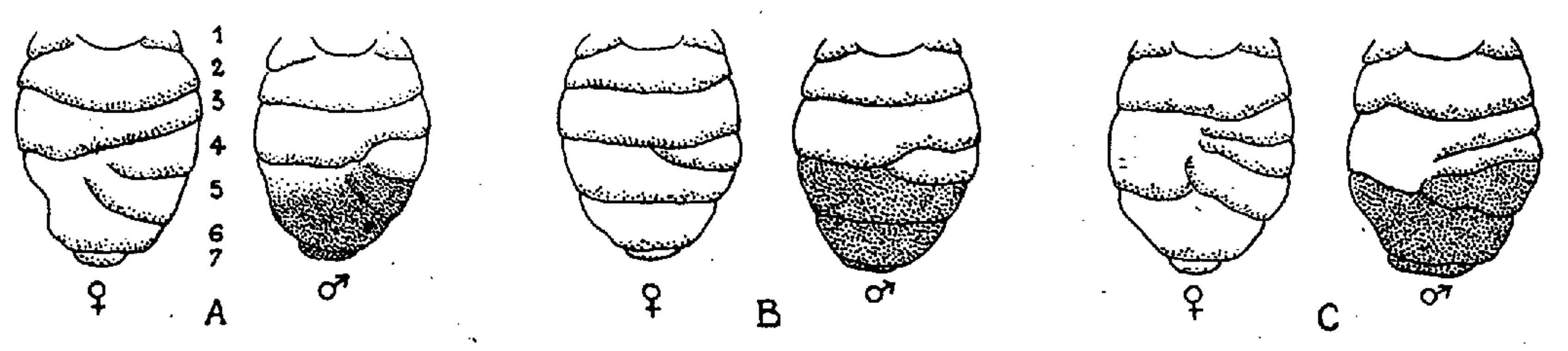
Conditions expérimentales. — Divers essais préliminaires nous ont montré que, dans des conditions de vie non complètement favorables aux témoins, le rouge neutre à la concentration de 10^{-3} et 10^{-4} empêche la pupaison : les larves, de taille très réduite, immobiles le 6e jour, peuvent survivre jusqu'au 17e jour. Nous avons adopté, en définitive, la technique suivante : les œufs de *Drosophila melanogaster* Meig, souche sauvage, sont aseptisés à l'alcool, puis ensemencés en tubes de $10 \times 2^{cm},5$ bouchés au coton, sur 5^{cm^3} de milieu gélosé stérilisé à l'autoclave (autolysat de levure 5 %, levure sèche 5 %, gélose 3 %, eau distillée, additionnée ou non de rouge neutre *R. A. L.* ou *Grübler*, q. s. 100^{cm^3}). Le développement a lieu à 22°, à l'obscurité. Dans ces conditions, les témoins sans rouge neutre sont normaux, leur pupaison se produit le 4e jour, leur éclosion le 8e jour.

Sur milieu au rouge neutre, à la concentration de 10^{-3}, la pupaison s'effectue le 8e jour (quelquefois seulement le dixième) : la durée de la vie des larves a donc doublé; l'éclosion survient du 12e au 14e jour. Nous avons cultivé, en 6 séries d'expériences au rouge neutre, 1625 larves. Celles-ci ont fourni 978 pupes (60 %), légèrement plus petites que leurs témoins. De ces pupes sont écloses 647 mouches (66 % des pupes). Parmi ces mouches, 375 étaient

(1) Voir notamment A. Guilliermond, *Bull. Histo. appliq.*, 17, 1940, pp. 223-237.
(2) *Arch. Zool. expér.*, 79, 1937, pp. 1-156; *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1937.

normales (58 %), tandis que 272 portaient le même type de malformation [42 %, dont 183 femelles (67 %) et 89 mâles (33 %)].

Cette anomalie affecte uniquement la segmentation de l'abdomen, principalement chez les femelles; le reste du corps est normal. Les segments moyens de l'abdomen, normaux ou parfois réduits du côté droit, disparaissent à partir de la région médiane. Cette absence de segmentation, dans la moitié gauche de l'abdomen, se présente selon trois modalités : les segments 4, 5 et 6 (*fig.* A), ou 4 (*fig.* B), ou plus rarement 3, 4 et 5 (*fig.* C) sont incomplets. Nous avons vérifié expérimentalement que cette monstruosité n'est pas héréditaire.



Anomalie produite électivement par le rouge chez la Mouche Drosophile en vie aseptique; les segments 4, 5 et 6 (A) ou 4 (B), ou 3, 4 et 5 (C) disparaissent dans la moitié gauche de l'abdomen.

Chez les larves traitées par le rouge neutre, on observe que le tube digestif est rempli de parcelles du milieu de culture colorées en rouge plus ou moins intense; le colorant est accumulé, initialement et dans une certaine mesure, dans de fines vacuoles cytoplasmiques des cellules des glandes salivaires (particulièrement dans les deux cellules initiales qui bordent le canal excréteur) et surtout dans les tubes de *Malpighi*, où il vire à l'orangé et au jaune (alcalinité), puis est réduit en partie.

Des essais poursuivis selon le protocole indiqué, avec le trypano bleu (10^{-4}), type des colorants vitaux acides, n'ont pas causé d'anomalies.

Conclusion. — Le rouge neutre, incorporé à la concentration de 10^{-3} dans le milieu de culture de la mouche Drosophile, en vie aseptique, provoque de façon élective, chez les mouches écloses, surtout chez les femelles, une malformation d'origine somatique; celle-ci consiste dans la non-segmentation de la région moyenne de la moitié gauche de l'abdomen; en outre, la durée de la vie des larves est au moins deux fois plus longue que celle des témoins. Le rouge neutre, colorant vital de formule chimique définie, a exclusivement la même action tératologique définie dans 42 % des cas.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE. — *Sur l'emploi de lames demi-onde dans divers appareils de polarisation.* Note de MM. **Aimé Cotton** et **Pierre Manigault**.

Nous avons montré ([1]) que l'on pouvait améliorer l'emploi du microscope polarisant, en faisant en particulier plus largement usage de lames auxiliaires, particulièrement de lames demi-onde. Nous voudrions montrer que ces lames peuvent être utilisées aussi dans des recherches où l'on n'emploie pas le microscope.

a. Emploi comme lames à teinte sensible. — Lorsqu'on recherche la biréfringence d'objets assez grands pour qu'on puisse les observer à la loupe ou à l'œil nu, les couleurs de polarisation chromatique, quand elles apparaissent, peuvent donner des renseignements utiles. Sans doute ces colorations dépendent de la façon dont la différence des indices principaux varie avec la longueur d'onde, mais les cas, où la dispersion de double réfraction diffère beaucoup de ce qu'elle est dans le quartz, par exemple, sont relativement rares. La liste des couleurs d'interférence qu'avait dressée Brücke, et qui est reproduite dans plusieurs traités d'Optique résume les observations qu'il avait faites sur les teintes de polarisation chromatique données précisément par le quartz. Cette liste, qui donne les teintes observées en nicols parallèles et en nicols croisés, a souvent été utilisée, mais il y en a une partie, celle qui donne les teintes en nicols parallèles pour les faibles valeurs du retard, dont on ne se sert pas.

C'est à tort, car on laisse ainsi de côté des couleurs qui sont cependant nettes et faciles à reconnaître, celles qui correspondent à des retards de l'ordre d'une demi-longueur d'onde. Ces couleurs ne peuvent pas être observées parmi celles de Newton à centre noir; ce sont les premières que l'on voit en s'écartant de la frange centrale blanche des miroirs de Fresnel. Ce sont aussi celles que l'on voit lorsqu'une goutte d'huile de graissage s'est étalée sur une surface noire

---

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 243 et 297.

mouillée. Dans ce cas, on les aperçoit même avec une vivacité particulière qui les rend plus brillantes que celle des anneaux d'ordre plus élevé.

Ces teintes, mais sans ce renforcement tenant au jeu des réflexions multiples, sont les premières que l'on aperçoit lorsqu'on observe une lame biréfringente dont l'épaisseur va en croissant, mais on ne les voit qu'en nicols parallèles, alors que les teintes complémentaires, en nicols croisés, ne se distinguent pas encore du blanc. Dans le premier cas une seule frange noire de Fizeau et Foucault existe dans la partie visible du spectre, dans le second cas aucune radiation n'y est supprimée d'une façon complète. Mais le fait que l'une des deux teintes complémentaires correspondantes apparaît comme du blanc presque pur suffit pour qu'on reconnaisse aussitôt, si l'on ne se borne pas à observer en nicols croisés seulement ([2]), qu'on a affaire à des biréfringences de l'ordre d'une demi-longueur d'onde.

Des lames de mica clivé donnant ces teintes, particulièrement celles qui changent le plus vite, sont utiles comme lames auxiliaires. En les observant directement on peut comparer les teintes à celles données par les objets étudiés eux-mêmes : on s'affranchit, de la sorte, des changements que les teintes éprouvent suivant qu'on utilise la lumière du jour ou celle d'une source artificielle. Il est commode d'avoir plusieurs de ces lames, d'épaisseurs différentes, orientées de même sur une même lame de verre, et séparées par des intervalles convenables. On peut ainsi observer les changements que la superposition de ces lames auxiliaires produit sur les couleurs données par les objets que l'on étudie. De même, des lames de *Bravais demi-onde*, où la sensibilité est accrue par l'observation simultanée de deux teintes complémentaires, peuvent rendre des services.

b. Emploi de lames demi-onde tournantes dans les appareils de polarisation. — On sait qu'on a fait déjà souvent usage dans les laboratoires de la propriété que possède une lame demi-onde de faire tourner une vibration lumineuse qui la traverse normalement. Si la lumière est monochromatique et la demi-onde exacte, la vibration est remplacée par une vibration symétrique de la vibration incidente par rapport aux lignes neutres de la lame. Si la lumière est monochromatique, mais si la lame demi-onde n'est pas exacte, il faut corriger les résultats obtenus. Ces corrections peuvent être calculées si l'on connaît les retards introduits par la lame pour plusieurs radiations. Ces lames s'obtiennent par le clivage et l'on peut les employer nues. On peut donc en avoir plusieurs, chacune d'elles étant accompagnée des indications permettant de faire simplement les corrections quand elles seront nécessaires.

D'une façon générale, dans un appareil utilisant de la lumière polarisée

---

([2]) C'est ce qu'on fait pourtant souvent, par exemple lorsqu'on étudie les progrès de la nitration de la cellulose. Les échelles de teintes figurant dans les livres ne donnent même parfois que les teintes de différents ordres en nicols croisés.

monochromatique, on pourra donc toujours remplacer la rotation d'un polariseur ou d'un analyseur par la rotation d'un mica ([3]). L'angle mesuré est plus petit. Mais, la lame mince employée ne troublant pas la marche géométrique des rayons, les images restent bien immobiles. Surtout on a beaucoup plus de latitude dans le choix du polariseur ou de l'analyseur que si l'on faisait tourner ces derniers. On pourra employer par exemple beaucoup plus souvent les prismes biréfringents simples ou composés ou des polariseurs agissant par réflexion et déviant le faisceau qu'ils polarisent. Ces instruments ne sont guère employés parce que, si on les fait tourner, il faut déplacer en même temps la source elle-même (ou l'observateur); il faut même aussi (quand la salle est éclairée) déplacer les diaphragmes supprimant les faisceaux parasites. Ces inconvénients n'existent pas si c'est une lame de mica qu'on fait tourner.

Nous donnerons comme exemple un polariseur dont le principe a déjà été indiqué par l'un de nous ([4]) et qui a l'avantage que la quantité de spath employée est très réduite. C'est un prisme à réflexion totale dont la base est un triangle rectangle isocèle ABC, l'hypoténuse est BC, un des côtés AC de l'angle droit est parallèle à l'axe optique du spath. Ce prisme, quand il fonctionne comme polariseur, reçoit un faisceau de lumière blanche normal à la face AC, il donne alors deux faisceaux réfléchis, dont l'un, le faisceau ordinaire qui reste formé de lumière blanche, est dévié d'un angle droit. En supprimant par un diaphragme l'autre, qui est dévié et coloré, l'appareil fonctionne comme un polariseur à champ normal. Un tel appareil peut servir par exemple en l'employant dans un polarimètre ([5]). Deux lames demi-onde suffisent pour mesurer les rotations pour les trois raies principales du mercure.

Le fait que l'on ne possède pas encore de lame demi-onde achromatique n'est pas un obstacle à l'emploi en lumière blanche de l'appareil tournant dont nous avons indiqué l'emploi à propos du microscope et qui permet de remplacer la rotation de la platine portant la préparation dont on veut reconnaître la biréfringence par la rotation simultanée de deux lames demi-onde. Ces deux micas étant placés l'un par rapport à l'autre de façon à ce que, sous l'incidence

---

([3]) De même, on pourra faire tourner à son gré une vibration elliptique donnée par un parallélépipède de Fresnel sans que le faisceau de lumière utilisé se déplace en même temps.

([4]) A. Cotton, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 268.

([5]) Dans les appareils à pénombre, on peut utiliser des micas demi-onde pour former les pénombres elles-mêmes. C'était, comme on le sait, le principe du polarimètre Laurent, mais, dans ce dernier, on employait des lames de quartz *trois demi-onde*, parce que les lames de quartz demi-onde sont coûteuses à construire et très fragiles. Le quartz a bien l'avantage qu'on peut travailler et rendre plus net le bord qui sépare les deux parties du champ, mais on peut couper le mica beaucoup plus simplement presque aussi bien, et alors on a l'avantage que, dans un intervalle spectral bien plus étendu, la lame garde ses propriétés.

normale, leurs retards se compensent, on comprend qu'avec deux micas qui donnent une teinte sensible en lumière blanche on puisse admettre, dans les recherches qualitatives auxquelles l'appareil est destiné, que les micas se comportent comme s'ils étaient exacts pour toutes les couleurs.

Or il y a d'autres cas où un appareil tournant ainsi réalisé, où la lumière se propage suivant l'axe de rotation lui-même, peut être utilisé. Quand on fait tourner l'objet lui-même, les déplacements variables d'un point à l'autre des images rendent toujours plus malaisée l'observation visuelle des changements dans l'intensité ou la coloration des plages observées, ils sont en outre un obstacle à l'utilisation de la photographie et à l'extension des recherches aux radiations ultraviolettes.

Cet appareil peut être utilisé par exemple quand on veut étudier, sans y découper des échantillons, des objets qu'il ne serait pas commode de faire tourner tout entiers. On pourra aussi s'en servir dans les cas où l'on étudie les effets optiques de forces dont la direction est imposée. Dans de tels cas, on a la ressource de faire tourner d'un mouvement commun l'ensemble du polariseur et l'analyseur. C'est ce qu'on fait dans les installations de photoélasticimétrie lorsque l'on a à examiner de grands modèles qui doivent rester immobiles. Mais l'emploi des lames demi-onde tournantes garde ici encore l'avantage que l'on est beaucoup plus libre dans le choix du polariseur et de l'analyseur et qu'on peut utiliser des instruments de très grandes dimensions.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Densité cellulaire dans le cerveau d'espèces diverses de Mammifères et d'Oiseaux.* Note de M. **Louis Lapicque** et Mme **Thérèse Senègre**.

Un calcul théorique établi par l'un de nous [1] nous a amenés à reprendre expérimentalement la question du nombre des neurones encéphaliques, quelle que parût la difficulté pratique de cette énumération. Prise au point de vue de l'influence du poids du corps, elle n'a, à notre connaissance, été l'objet d'aucun travail, et les chiffres publiés concernent essentiellement l'écorce cérébrale de l'Homme; ils sont extraordinairement divergents, 1 milliard (Meynert, 1888); 9 milliards (Hammarberg-Miss Thompson, 1895-1898); 5 milliards (Berger, 1921); 14 milliards (von Economo, 1925), calculés pour la totalité de l'écorce.

A quoi peut tenir une pareille indétermination? Avec von Economo [2], on peut l'expliquer en supposant que chacune des recherches aurait sa limite particulière pour la grandeur minima des cellules prises en compte. En effet, l'intérêt étant tourné exclusivement vers le fonctionnement psychique du cerveau, on voulait ne considérer que les neurones, à l'exclusion des cellules

(1) L. Lapicque, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 655.

(2) *Die Cytoarchitektonik der Grosshirnrinde,* Berlin, 1925, p. 73.

névrogliques. Or, si les deux catégories se révèlent assez distinctes sous les méthodes sélectives qui nous ont fait comprendre le neurone, divers types de l'une ou de l'autre présentent des aspects très voisins lorsqu'on emploie les colorations globales nécessaires pour une numération. Il devient alors fort délicat de reconnaître un petit neurone d'avec une cellule névroglique. Agduhr ([3]) déclare que von Economo ne pouvait pas y arriver sur ses photographies agrandies à 100 diamètres. Et, quelques années auparavant, un élève de l'autre maître de l'architectonique cérébrale, Brodman, voulant comparer les cerveaux de divers singes, renonçait à séparer cellules gliales et cellules nerveuses afin, dit-il, « d'exclure l'arbitraire » ([4]).

Nous nous sommes retrouvés tout de suite en face de cette difficulté; mais nous pouvions passer outre, notre but étant de comparer la variation de poids de l'encéphale à la variation du nombre de ses cellules, ce qui comporte évidemment l'addition des deux espèces. En conséquence, après quelques tâtonnements, nous avons choisi la coloration à l'hématine-éosine, qui donne des nucléoles bien différenciées en bleu sur fond rose, et nous avons dénombré indifféremment tous les nucléoles, sauf, bien entendu, ceux des vaisseaux.

La pièce, fixée au formol à 10 %, incluse dans la paraffine, était débitée en coupes de 20^{μ}. Colorée sur lame et montée au baume de Canada, cette coupe est examinée à travers un oculaire quadrillé. Le grossissement est réglé ($\times$ 200) de façon que le côté d'un carré couvre une longueur de 110^{μ}; le côté d'un carré double composé de quatre carrés contigus est ainsi 220^{μ}; soit, pour le volume contenu sous ce carré, en millimètres, $0,22^2 \times 0,02 \approx 10^{-3}$, c'est-à-dire en confondant le volume et le poids, 1γ. Avec une chambre claire, on dessine le quadrillage et l'on pointe au crayon les nucléoles. Sur ce dessin, en pointant à nouveau avec un crayon de couleur, on dénombre avec sûreté les cellules contenues dans 1/1000 de millimètre cube.

Mais, sur un cerveau donné, la densité des neurones varie considérablement d'un niveau à l'autre dans l'épaisseur de l'écorce (couches de la substance grise de Meynert), et d'une région à une autre de la surface cérébrale (champs architectoniques de Brodman et von Economo). Il peut en être de même pour la névroglie. Comment repérer, pour une comparaison quantitative, des volumes homologues dans des cerveaux lisses ou circonvolués de manières diverses?

Cette difficulté *a priori* s'est montrée sans importance pratique pour notre question. En explorant, par pointage à la chambre claire, chaque préparation sur toute sa largeur, suivant des bandes rectilignes de 220^{μ} de large, marquant au passage la limite entre substance grise et substance blanche, nous obtenons des sortes de graphiques où apparaissent des densités successives diverses,

([3]) *Anat. Rec.*, **80**, 1941, p. 191.
([4]) Otto Mayer, *J. f. Psych. u. Neurol.*, **19**, 1912.

mais qui se laissent intégrer dans des moyennes assez fermes sur une préparation donnée, et peu variables d'une région à une autre; bien plus, peu variables d'une espèce à une autre.

Voici les moyennes obtenues jusqu'ici; nombre de cellules dans 1 γ de substance cérébrale; 1er chiffre après le nom de l'espèce, substance blanche; 2e chiffre, substance grise :

Mammifères.				*Oiseaux.*	
Ouistiti	111–135	Chat	109–114	Chardonneret	150–173
Cercocèbe	84–111	Loutre	118– 85	Petit perroquet	143–163
Macaque	95–116	Chien de 6 kg.	128–105	Pélican roux	143–157
Rat brun	135–127	» 27 kg.	98– 90	Dinde	129–115
Lapin de garenne	134–128	Lionne	117–101	Oie	100–106
» domestique	108– 96	Taureau	112– 84	Autruche	88–102

Ces chiffres sont établis, en général, sur la moyenne de trois échantillons prélevés respectivement dans une région frontale, pariétale, occipitale, le compte de chaque échantillon étant lui-même la moyenne de plusieurs dizaines de numérations; néanmoins, ils sont évidemment affectés d'une certaine imprécision aléatoire qui, d'ailleurs, peut exister dans les objets eux-mêmes, ceux-ci étant des cas individuels.

Malgré cette indétermination, une conclusion s'impose : la densité cellulaire du cerveau est, chez les Homéothermes, quasi constante, à travers les différences d'espèce, Mammifère ou Oiseau; on peut dire aussi qu'elle diminue fort peu avec l'agrandissement du corps, à peine de 50 % en passant pour le poids du corps de 1 à 1000 (Ouistiti ou Rat à Taureau), de 70 % en passant de 1 à 10 000 (Chardonneret à Autruche) et même chez les Mammifères, cette variation systématique n'apparaît que pour la substance grise.

Il se pose plusieurs questions secondaires, non dénuées d'intérêt, que nous nous proposons d'examiner ultérieurement.

PHARMACODYNAMIE. — *Modification des échanges respiratoires après implantation de comprimés de testostérone chez des sujets sénescents.* Note de MM. **Léon Binet** et **François Bourlière**.

La chute progressive du métabolisme de base chez les vieillards est un fait aujourd'hui bien établi. F. G. Benedict (1) a bien montré qu'après 45 ans cette diminution était constante et W. H. Lewis (2), après un grand nombre de mesures, a conclu dans le même sens. D'après ce dernier auteur, la valeur moyenne du métabolisme basal passe de 36cal,4 entre 40 et 49 ans à 29cal,8 entre 90 et 101 ans. L'un de nous (3) a récemment confirmé ces données.

(1) *Amer. Journ. Physiol.*, 1928, pp. 650-664.
(2) *Amer. Journ. Physiol.*, 1938, pp. 502-516.
(3) L. Binet, P. Castaigne et M. Bochet, *Bull. Acad. Méd.*, 126, 1942, pp. 203-207.

Par ailleurs l'action *dynamogénique* de l'hormone mâle chez les sujets âgés a fait l'objet de nombreux travaux depuis les premières observations de C. E. Brown-Sequard et l'implantation sous-cutanée de comprimés de testostérone a permis des résultats remarquables (4).

Il nous a paru intéressant de rechercher si l'amélioration ainsi obtenue ne s'accompagnait pas d'une augmentation des échanges respiratoires.

Chez un sujet masculin, âgé de 85 ans, dont l'asthénie physique et psychique était considérable, nous avons pratiqué, le 9 mars 1944, une implantation de 700^{mg} de testostérone. Ce sujet, dont nous suivons les échanges respiratoires depuis trois ans, fut considérablement amélioré, tant dans son état physique que dans son comportement psycho-moteur; cette amélioration dura deux mois. Or il est remarquable de constater que l'augmentation du métabolisme fut strictement parallèle à l'amélioration clinique et qu'elle prit fin en même temps qu'elle. Le tableau suivant, établi avec Mlle M. Bochet, montre l'effondrement progressif des échanges respiratoires pendant les deux dernières années et leur accélération nette et transitoire après implantation.

Dates.	Ventilation (litres/heure).	Métabolisme basal. Cal.	Dépense de fond. Cal.
15-4-1942...........	429	30	1040
11-5- »	402	27,5	1985
8-2-1944...........	393	26	870
21-2- »	297	24	835
9-3- »	Implantation de 700^{mg} de testostérone		
27-3- »	391	28	970
12-4- »	426	30	1060
29-4- »	369	29	1030
3-6- »	262	23,5	820
17-6- »	309	24	840

Il est intéressant de comparer ces faits avec d'autres constatations expérimentales. La diminution de la consommation d'oxygène de l'animal castré est connue depuis longtemps (4) et il en est de même de la baisse des échanges respiratoires du tissu sénescent en culture (5). Récemment W. Hoffmeister (6) a observé, sur le Rat, un abaissement léger de la consommation d'oxygène du tissu graisseux sous-cutané après castration, alors qu'il y avait une diminution de 10 % du taux des échanges de l'animal entier. Chose curieuse, la thérapeutique de substitution au propionate de testostérone n'éviterait qu'en partie l'état créé par la castration.

Il est certes prématuré de tirer une conclusion générale de cet ensemble

(4) A. Loewy et P. F. Richter, *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1899, p. 175.
(5) J. M. Pearce, *Amer. Journ. Physiol.*, **114**, 1936, pp. 255-260.
(6) *Arch. f. experim. Pathol.*, **189**, 1938, pp. 637-655.

d'observations, mais il nous paraît intéressant de souligner dès maintenant *l'étroit parallélisme entre l'augmentation des échanges respiratoires et l'amélioration globale due à l'implantation de testostérone chez les sujets sénescents.*

GÉODÉSIE. — *Caractères généraux de la pesanteur dans le Massif Central.* Note de M. **Pierre Lejay.**

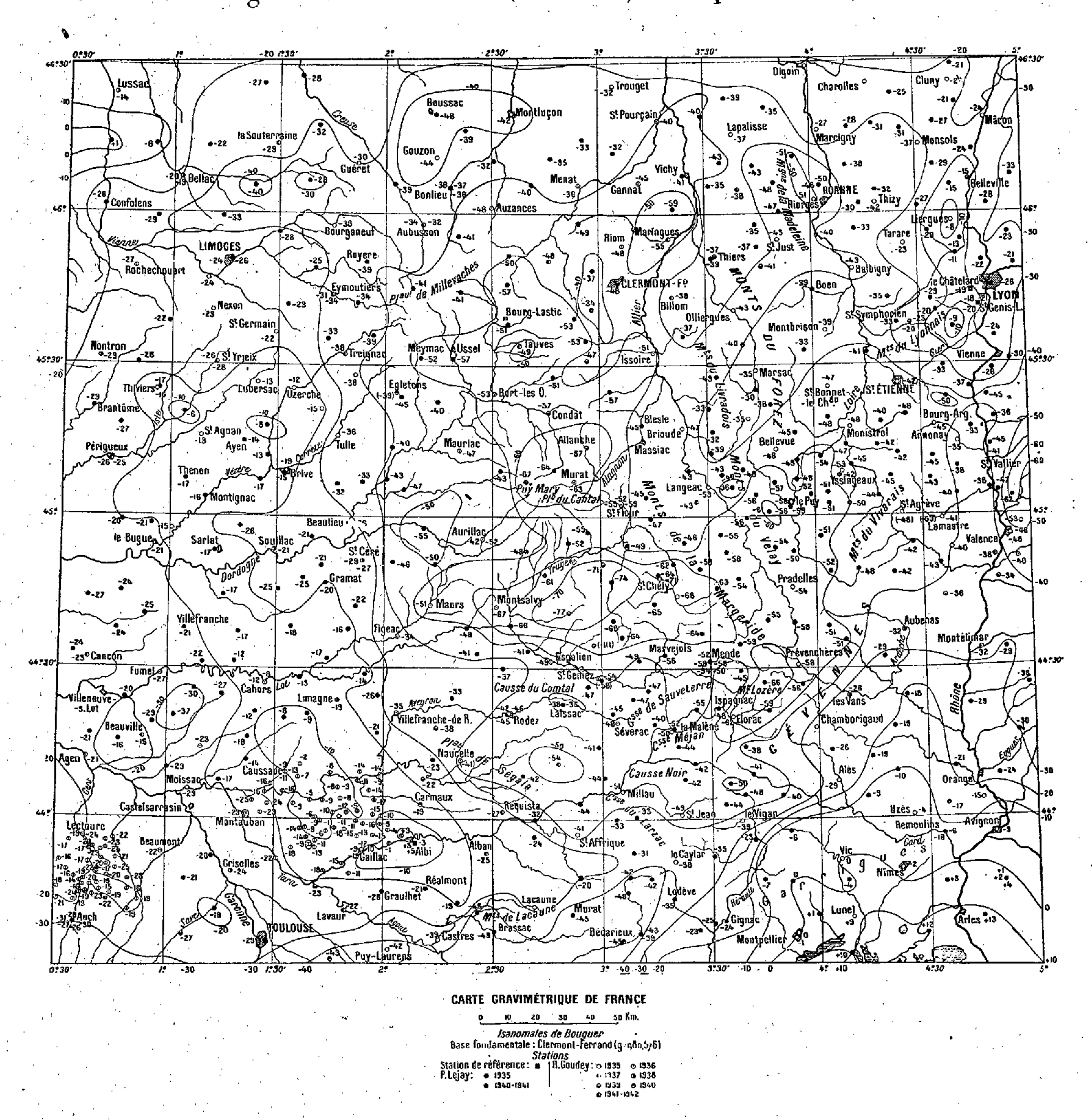
Nous pouvons dès maintenant dégager les traits essentiels de la gravimétrie du Massif Central, bien que la carte ci-dessous doive être, par endroits sensiblement modifiée, lorsque le calcul des corrections topographiques, actuellement en cours d'exécution, sera achevé. On peut prévoir que ces corrections atteindront une dizaine de milligals aux stations situées au fond des gorges (La Malène) ou sur certains sommets (Puy Mary); dans des zones où les anomalies sont faibles et les gradients presque nuls, de telles corrections modifieront considérablement l'allure générale des isanomales, qu'il faut donc, sur la carte actuelle, examiner prudemment.

Une compensation isostatique générale du Massif est affirmée par la présence, partout constatée, des valeurs négatives des anomalies de Bouguer. Le maximum de ces anomalies se trouve en plein centre, sur le plateau granitique de l'Aubrac (— 75 milligals); les valeurs restent de l'ordre de — 50 milligals dans une vaste région couvrant presque tout l'ensemble des hauts sommets, s'étendant, au Nord, jusque dans la Creuse, englobant au Nord-Est les monts du Velay, au Sud-Est les crêtes des Cévennes et le mont Lozère, s'arrêtant brusquement au Sud à la limite septentrionale des Causses.

Les Grands Causses forment une large plate-forme, où les valeurs se tiennent remarquablement constantes (— 45 environ) sur des distances de l'ordre de 50^{km}; ils sont flanqués à l'Est et à l'Ouest des bastions de l'Aigoual et du Levézou, où les anomalies ne sont qu'un peu plus fortes (— 50), mais leur limite méridionale est nettement marquée : dès qu'on quitte les calcaires, au sud-ouest de Saint-Affrique, pour pénétrer dans les sédiments primaires, les anomalies tombent à des valeurs de l'ordre de — 25 milligals. En aucune région peut-être l'influence des formations géologiques n'est mieux indiquée; la limite des micaschistes des monts de Lacaune et de Lespinous est bien marquée par la reprise des fortes anomalies (— 50 milligals), qui s'avancent en pointe vers le Nord-Est jusqu'aux calcaires du Larzac, où elles disparaissent.

Si l'on examine les valeurs individuelles, sur le versant ouest du Massif Central, on constate que la brusque diminution des valeurs, s'abaissant de — 50 à — 25 milligals, coïncide avec la grande faille qui marque, du Nord au Sud, sur plus de 100^{km}, d'Eymoutiers à Figeac, la limite des granites; l'isanomale — 30 la suit assez fidèlement, s'inclinant, au sud du Lot, vers le Sud-Ouest, suivant ainsi la direction de la faille de Villefranche. A l'est de cette ligne, on retrouve les fortes valeurs que nous avons signalées; à l'Ouest une zone plate

de faibles anomalies s'étend de Thiviers (— 15 milligals) jusqu'au sud d'Albi. Plus au Nord, les roches métamorphiques du Limousin sont couvertes d'anomalies un peu plus fortes (— 25), et les valeurs descendent jusqu'à — 40 sur l'extension des granites entre Bellac et Guéret, ainsi qu'à l'ouest de Montluçon,



s'affaiblissant de nouveau à la limite nord du Massif, quand on aborde les calcaires de La Châtre à Saint-Amand (— 10 milligals).

La Limagne est nettement dessinée par la zone d'anomalies négatives atteignant presque — 60 milligals, entre Vichy et Clermont; la zone s'élargit, comme la vallée de l'Allier, à l'est de Vichy.

Ces valeurs fortement négatives sont inattendues, en plaine, comme le sont

les faibles anomalies du Forez que l'isanomale — 40 traverse plusieurs fois et où, en fait, les valeurs sont presque constantes.

Inattendu aussi le fait que le maximum de valeurs ne se trouve pas sur les crêtes des monts de la Madeleine, mais nettement rejeté vers l'Est, au delà de la faille qui les sépare de la vallée de la Loire.

Le versant Est du Massif Central est particulièrement perturbé; un fort accroissement de la pesanteur, à l'ouest de Villefranche, coïncide bien avec la zone des terrains jurassiques, mais un accident semblable se retrouve un peu plus au Sud, après la traversée de la trouée de l'Arbresle, jusqu'à la vallée du Gier; on notera la présence, dans cette seconde zone, de minéraux lourds (pyrites de Sain-Bel), qui expliquerait les anomalies de toute autre façon que celles du Nord, malgré l'apparente continuité des valeurs.

Au sud du Gier, les anomalies croissent brusquement et atteignent — 50 milligals au Pilat. Cette valeur sera sans doute rabaissée de quelques milligals par les corrections topographiques, mais elle nous fait rentrer dans la zone des fortes valeurs, continues jusqu'à l'Aubrac.

La chute brusque des anomalies dans les Cévennes, vers la plaine, a déjà été signalée comme un exemple remarquable de l'aspect serré que prennent les isanomales sous deux influences de signes contraires.

En résumé, si, dans le Massif Central, la compensation isostatique est certainement assurée partiellement, il existe une relation au moins aussi étroite des anomalies gravimétriques avec la Géologie qu'avec la Topographie. Certaines zones d'anomalies localisées échappent franchement à la loi générale qui exigerait des valeurs négatives plus faibles dans les larges vallées que sur les crêtes. La Limagne et le Forez forment une de ces exceptions qui mériterait une étude détaillée.

NOMINATIONS.

L'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter aux cérémonies qui auront lieu le 17 décembre, à l'occasion du *deuxième centenaire* de sa fondation.

M. Georges Durand-Viel est désigné.

CORRESPONDANCE.

MM. Paul Carnot et Charles Laubry prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.

ALGÈBRE. — *Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupe de décomposition.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit k un corps valué, et soit K une extension algébrique finie valuée (sous-entendu : de manière que sa valuation prolonge celle de k); soient p', n, $\tilde{n}$ la caractéristique de k, le degré et le degré réduit de K/k, et soit $\Delta' = n:\tilde{n}$; soient i, $\mathfrak{p}$, r, $\mathfrak{m}$, s le domaine d'intégrité, l'idéal premier, le corps de restes (dont la caractéristique soit p; k sera dit *homotypique* ou *hétérotypique* suivant que $p=p'$ ou $p \neq p'$); le module de *valuation* et le squelette ([1]) de k, et soient $\mathcal{J}$, $\mathfrak{P}$, R, $\mathfrak{M}$, S, ceux de K; $f = (R:r)$, $e = (\mathfrak{M}:\mathfrak{m})$, $c = (S:s) = fe$ seront appelés le *degré*, l'*ordre* et le *contribuant* de $\mathfrak{P}$ dans K/k; $\tilde{R}/r$, $\tilde{\mathfrak{M}}/\mathfrak{m}$, $\tilde{S}/s$ étant les noyaux (c'est-à-dire les plus grandes sous-extensions) séparables ([2]) des R/r, $\mathfrak{M}/\mathfrak{m}$, S/s, $\tilde{f} = (\tilde{R}:r)$, $\tilde{e} = (\tilde{\mathfrak{M}}:m)$ et $\tilde{c} = (\tilde{S}:s) = \tilde{f}\tilde{e}$ seront dits le degré, l'ordre et le contribuant *réduits* de $\mathfrak{P}$ dans K/k. Deux extensions valuées K et K' d'un corps valué k seront dites *contiguës* si K et K' sont égaux en tant que corps non valués à un même corps non valué Q.

k étant un corps valué, et Q étant une extension finie non valuée de k, soit $\bar{k}$ la fermeture métrique de k; on sait ([3]) que l'algèbre $Q_{\bar{k}}/\bar{k}$ est la somme directe d'algèbres primaires commutatives $\overline{Q}'/\bar{k}$, $\overline{Q}''/\bar{k}$, ..., $\overline{Q}^{(t)}/\bar{k}$. $\mathcal{L}^{(j)}$ étant le radical de $\overline{Q}^{(j)}$, $\overline{K}^{(j)} = \overline{Q}^{(j)}/\mathcal{L}^{(j)}$ est un surcorps de degré relatif fini du corps $(\bar{k} + \mathcal{L}^{(j)})/\mathcal{L}^{(j)} \simeq \bar{k}$, qu'on identifiera avec $\bar{k}$, et Q, identifié avec $(Q + \mathcal{L}^{(j)})/\mathcal{L}^{(j)}$, devient un sous-corps de $\overline{K}^{(j)}$. En vertu d'un théorème de M. Ostrowski ([4]), $\overline{K}^{(j)}$ peut être valué, et d'une seule manière, par une valuation $|\ldots|_j$ prolongeant celle de $\bar{k}$, et si $K^{(j)}$ désigne $Q \subseteq \overline{K}^{(j)}$ valué par $|\ldots|_j$, $\overline{K}^{(j)}$ est la fermeture métrique de $K^{(j)}$. On sait ([3]) ([4]) que les $K^{(j)}/k$ sont des extensions valuées distinctes deux à deux, et les seules qui, en tant que corps non valués, sont égaux à Q. $\mathfrak{P}_j$ étant l'idéal premier de $K^{(j)}$, $D^{(j)} = (\overline{Q}^{(j)}:\bar{k})$ et $d^{(j)} = (\overline{K}^{(j)}:\bar{k})$ seront dits le *décomposant* et l'*indice de décomposition* de $\mathfrak{P}_j$ dans $K^{(j)}/k$. On a $n_j = (K^{(j)}:k) = (Q:k) = D' + D'' + \ldots + D^{(t)}$; si $K = K^{(j)}$, on écrira D, d à la place des $D^{(j)}$, d. $\Delta_n = D:d$ et $\Delta_v = d:c$ seront appelés le *défaut nilpotent* et le *défaut de ramification* de $\mathfrak{P}$ dans K/k; manifestement, Δ_n est une puissance de p d'exposant entier non négatif. Le même résultat a été établi par M. Ostrowski ([4]) pour Δ_v (*théorème de défaut*).

([1]) Voir la Note précédente, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 473.

([2]) Un sous-groupe du groupe abélien fini $\mathfrak{M}/\mathfrak{m}$ sera dit séparable ($\mathfrak{M}$, $\mathfrak{m}$ étant considérés comme modules de *valuation*, et non comme groupes abstraits) si son ordre est premier à p.

([3]) Voir Deuring, *Algebren*, Berlin, 1936.

([4]) Voir Ostrowski, *Math. Zeitschr.*, **39**, 1934, pp. 269-404.

Soit K^*/k une surextension galoisienne valuée de K/k (c'est-à-dire K^*/k est galoisienne et K^*/K est valuée !); soient R^*, $\mathfrak{M}^*$, S^*, $|\ldots|^*$ le corps de restes, le module de ramification, le squelette (¹) et la valuation de K^*, et soit $|\ldots|$ la valuation de K. Un isomorphisme σ de K/k dans K^* sera dit *métrique* si, pour tout $\alpha \in K$, on a $|\sigma\alpha|^* = |\alpha|^* = |\alpha|$ (il suffit, d'ailleurs, pour qu'il le soit, que $|\alpha| \to 0$ entraîne $|\sigma\alpha|^* \to 0$, ou que $|\alpha| < 1$ entraîne $|\sigma\alpha|^* < 1$). Organisons l'ensemble $Z(K/k; |\ldots|^*)$, qui, en tant qu'un sous-ensemble de (¹) $g_{K/k}$, sera appelé *ensemble de décomposition de* K/k *pour* $|\ldots|^*$, par la loi de composition suivante : $\sigma_1\sigma_2[\sigma_1,\ \sigma_2 \in Z(K/k; |\ldots|^*)]$ est l'ensemble des isomorphismes métriques σ de K/k dans K^* tels qu'il existe un isomorphisme métrique du corps composé de K et de $\sigma_2 K$ induisant σ_1 sur K et $\sigma\sigma_2^{-1}$ (composé au sens de la composition des applications !) sur $\sigma_2 K$. Ainsi organisé, $Z(K/k; |\ldots|^*)$ est un *hypergroupe*$_D$, appelé *hypergroupe de décomposition* de K/k pour $|\ldots|^*$, dont la loi de composition est un affaiblissement (au sens large) de celui de $g_{K/k}$ (autrement dit, le composé des σ_1, $\sigma_2 \in Z$ dans Z est contenu [au sens large] dans celui de mêmes éléments dans g), et coïncide avec si K/k est galoisienne, σ^* étant $\in g_{K^*/K}$ et $\sigma^*\sigma$ désignant le composé par σ^*, au sens de la composition des applications, d'un $\sigma \in g_{K/k}$, la correspondance $\varepsilon(\sigma^*) = \{\sigma \to \sigma^*\sigma\}$ est un automorphisme de l'hypergroupe $g_{K/k}$. Les automorphismes de cette forme, dont l'ensemble $I_{K/k}$ est indépendant du choix de l'extension galoisienne K^*/k de K/k (⁵) seront appelés *automorphismes unitaires* de $g_{K/k}$; un $A \subseteq g_{K/k}$ est stable par rapport à $I_{K/k}$ (on dira *stable* tout court) si, et seulement si $1_K A = A$ (où 1_K est l'isomorphisme identique de K). Si $\sigma \in g_{K/k}$, une valuation du corps σK sera notée $|\ldots|^\sigma$ et appelée la *transformée par* σ de la valuation $|\ldots|$ de K si, pour tout $\alpha \in K$, on a $|\sigma\alpha|^\sigma = |\alpha|$. On sait (⁴) que l'ensemble des valuations des extensions contiguës d'une extension galoisienne valuée K^*/K est identique à celui des transformées par les $\sigma^* \in g_{K^*/K}$ de la valuation $|\ldots|^*$ de K^*. Je démontre *que* $Z(K/k, |\ldots|^{\sigma^*}) = \varepsilon(\sigma^*)Z(K/k; |\ldots|^*)$ *et qu'un sous-hypergroupe* A *de* Z $(K/k; |\ldots|^*)$ *en est un de* $g_{K/k}$ [et, par suite, appartient à une sous-extension (¹) K_A/k de K/k] *si, et seulement s'il est un sous-ensemble stable de* $g_{K/k}$. Si $A(|\ldots|^*) \subseteq Z(K/k; |\ldots|^*)$ est tel que $A(|\ldots|^{\sigma^*}) = \varepsilon(\sigma^*)A(|\ldots|^*)$ $(\sigma^* \in g_{K^*/K})$, il sera dit *conforme*. Donc, un sous-hypergroupe conforme $A(|\ldots|^*)$ de $Z(K/k; |\ldots|^*)$ en est un de $g_{K/k}$ si, et seulement s'il ne dépend pas de $|\ldots|^*$, auquel cas il sera noté A tout court. Quand on énoncera une propriété P d'un corps K_A appartenant à un sous-hypergroupe (¹) conforme $A(|\ldots|^*)$ de $Z(K/k; |\ldots|^*)$, cet énoncé devra être compris non comme l'affirmation que K_A existe et possède P, mais comme l'affirmation qu'il possède P quand il existe. Deux cas à noter où K_A existe sûrement : 1° K/k est galoisienne ; 2° k est valué

(⁵) Mais n'est pas, en général, un invariant de l'*hypergroupe*$_D$ abstrait $g_{K/k}$; il existe, en effet, des extensions K'/k et K''/k telles que $g_{K'/k} \simeq g_{K''/k}$ sans que $I_{K'/k}$ et $I_{K''/k}$ aient, même, le même nombre d'éléments.

complet. Un $A(|\dots|^*)$ conforme, en tant qu'un hypergroupe abstrait, et son nombre d'éléments ne dépendent pas de $|\dots|^*$. En particulier, celui de $Z(K/k;|\dots|^*)$ sera noté z. Le corps $K_{Z/k}$ appartenant (¹) à $Z(K/k)$ sera appelé le *corps de décomposition de* K/k. Son squelette S_Z est s.

$\bar{k}$, $\bar{K}$, $\bar{K}^*$ étant les fermetures métriques des k, K, K^*, un $\sigma \in g_{K/k}$ est induit sur K par un $\bar{\sigma} \in g_{\bar{K}/k}$ si, et seulement si $\sigma \in Z(K/k;|\dots|^*)$. La correspondance $\bar{\sigma} \to \sigma$ est un isomorphisme (dépendant de $|\dots|^*$) de $g_{\bar{K}/\bar{k}}$ sur $Z(K/k;|\dots|^*)$. En particulier $z = d$ et les hypergroupes $Z_{\bar{K}/\bar{k}}$ et $g_{\bar{K}/\bar{k}}$ coïncident.

Si $k \subset K' \subset K \leqq K^*$, on a $Z(K/k;|\dots|^*) \to Z(K'/k;|\dots|^*)$.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE ET PROBABILITÉ. — *Étude spéciale du type de tirages de boules d'une urne, renfermant des boules de deux couleurs, dans l'hypothèse de non remise des boules après tirage* (¹). Note de M. **René Risser**.

L'urne renferme k boules blanches et h boules noires; on effectue m tirages sans remettre les boules dans l'urne. La probabilité de tirer x boules blanches, en supposant $k > h > m$, est définie par l'expression

$$P = P_0 \cdot \frac{1}{(mp_1 + l_1)!\,(Mp_1 - l_1)!\,(mp_2 + l_2)!\,(Mp_2 - l_2)!} \tag{1}$$

avec $p_1 = k/(k+h)$, $x = mp_1 + l_1$, $M = h + k - m$.

Si l'on pousse le développement de $\log(n!)$ jusqu'au terme en $1/12n$, l'on trouve

$$\log P = \log P_0 + \mathcal{A} l_1 + \mathcal{B} l_1^2 + \mathcal{C} l_1^3 + \mathcal{D} l_1^4, \tag{2}$$

en ne faisant intervenir que les termes en l_1^r avec $r \leqq 4$; on remarque de plus que si $p_1 = q_1$, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{C}$ sont nuls. Revenant à la forme $P = P_0 e^{\varphi(l_1)}$, on peut étudier les différentes formes de courbes de distribution, dans les hypothèses suivantes :

$\mathcal{A} < 0$, $\mathcal{D} < 0$; $\mathcal{A} > 0$, $\mathcal{D} < 0$; $\mathcal{A} < 0$, $\mathcal{D} > 0$; $\mathcal{A} > 0$, $\mathcal{D} > 0$, en supposant que $\varphi'(l) = 0$ n'a qu'une racine réelle l_0.

On trouve ainsi les courbes en cloche et en U, ainsi que les courbes monotones croissantes ou décroissantes.

On peut exprimer $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{D}$ en fonction des moments, en remplaçant la fonction P par $P_0 e^{\lambda l + \mu l^2}(1 + \gamma l^3 + \delta l^4)$; car on sait que

$$\mathfrak{M}_i = \int_{-mp}^{+mq} P_0 e^{\lambda l + \mu l^2}(1 + \gamma l^3 + \delta l^4)(mp + l)^i \, dl,$$

et faire apparaître un système S de relations entre les $\mathfrak{M}_i$ et les intégrales

(¹) Extrait fait par l'auteur d'une Note déposée le 17 avril 1944 sous pli cacheté, ouvert à sa demande le 13 novembre 1944.

$\sigma_i = \int_{-mp}^{mq} P_0 e^{\gamma l + \mu l^2} l^i \, dl$. Ceci étant, si l'on se donne m, M et p, on peut calculer $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{D}$, puis en faisant état du système S, calculer les rapports $\mathfrak{M}_i/\mathfrak{M}_0$.

Comme à toute distribution statistique correspondent des moments $\mathfrak{M}_0$, $\mathfrak{M}_1$, ... et par suite les rapports $\mathfrak{M}_i/\mathfrak{M}_0$, on voit qu'en rapprochant ces rapports de ceux fournis par des tableaux qu'il est facile d'établir, on pourra, grâce à des interpolations simples, se rendre compte si les éléments d'une distribution donnée peuvent être assimilés à ceux déduits des tirages d'une urne d'une certaine composition initiale, tirages sans remise dans l'urne des boules tirées.

On peut encore esquisser une autre méthode mettant en évidence les types de distribution sans faire des hypothèses sur la nature de l'équation différentielle; on a alors recours à l'équation $y = y_0 e^{ax+bx^2+cx^3+dx^4}$ (x n'étant autre que le nombre des boules blanches extraites à la suite de m tirages).

TOPOLOGIE. — *Prolongements d'homéomorphies. Ensembles topologiquement nommables. Caractérisation topologique individuelle des ensembles fermés totalement discontinus.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. Théorème 1. — *Si* E, E′ *sont deux ensembles fermés bornés homéomorphes, situés respectivement dans les plans* P, P′ *de l'espace cartésien* $\mathcal{R}_3$, *l'homéomorphie entre* E *et* E′ *peut s'étendre à tout l'espace.*

Corollaire. — *Le théorème de séparation de Jordan-Brouwer en résulte pour les ensembles fermés plans.*

Définitions. — 1° Un ensemble fermé F de $\mathcal{R}_3$ est dit *non enlaçable* lorsque toute courbe simple fermée de $(\mathcal{R}_3 - F)$ peut, par déformation continue dans $(\mathcal{R}_3 - F)$, se réduire à un point de $(\mathcal{R}_3 - F)$.

2° Un arc simple γ de $\mathcal{R}_3$ est dit *sans nœuds locaux* lorsque toute courbe simple fermée infiniment petite de $(\mathcal{R}_3 - \gamma)$ peut, par une déformation continue faite dans une région infiniment petite de $(\mathcal{R}_3 - \gamma)$, se réduire à un point de $(\mathcal{R}_3 - \gamma)$ ou de γ.

Theorème 2. — *Dans* $\mathcal{R}_3$ *toute homéomorphie entre deux ensembles fermés totalement discontinus et non enlaçables peut s'étendre à tout l'espace.*

Théorème 3. — *Dans* $\mathcal{R}_3$ *toute homéomorphie entre deux arcs simples* sans nœuds locaux *peut s'étendre à tout l'espace.*

II. La recherche d'une notion précise des opérations et propriétés topologiques dans un espace topologique donné conduit aux définitions suivantes.

Définitions. — 1° Étant donnés un espace topologique E et une famille $\mathcal{F}$ de sous-ensembles de E, on dit que le sous-ensemble A de E est *nommable* dans (E, $\mathcal{F}$) lorsqu'il est globalement invariant dans toute automorphie de E laissant globalement invariant chaque élément de $\mathcal{F}$.

2° Un ensemble A nommable dans (E, $\mathcal{F}$) est dit *minimal* dans (E, $\mathcal{F}$) lorsqu'il ne contient aucun vrai sous-ensemble nommable dans (E, $\mathcal{F}$).

Les ensembles minimaux constituent une partition de E et tout ensemble nommable dans (E, $\mathcal{F}$) est une réunion de tels ensembles. Il existe des continus plans C dont tout ensemble minimal dans (C, $\emptyset$) est réduit à un point. Le degré d'hétérogénéité d'un espace E peut se mesurer par la complexité de l'espace quotient de E par la relation d'équivalence associée à la partition de E en ensembles minimaux dans (E, $\emptyset$); on peut montrer que la classe de ces espaces-quotients contient tout espace dans lequel tout point constitue un ensemble fermé.

3° On appelle *opération topologique* dans E toute loi T qui associe à chaque famille bien ordonnée $\mathcal{F}$ de sous-ensembles de E un ensemble T($\mathcal{F}$) nommable dans (E, $\mathcal{F}$), de telle sorte que, si H est une automorphie quelconque de E, on ait $T[H(\mathcal{F})] = H[T(\mathcal{F})]$. Les opérations (A — B), Σ, Π s'introduisent par la recherche des ensembles nommables dans (E, $\mathcal{F}$) lorsque E est discret.

4° Soient $\mathcal{F}$ une famille de sous-ensembles de E, Ω une famille d'opérations topologiques T_i dans E. Un sous-ensemble de E est dit *nommable* dans (E, $\mathcal{F}$, Ω) lorsqu'il fait partie de la famille Φ d'ensembles ainsi définie : *a*. E et tout élément $\mathcal{F}$ font partie de Φ; *b*. si φ est une sous-famille bien ordonnée de Φ et $T_i \in \Omega$, on a $T_i(\varphi) \in \Phi$; *c*. Φ est l'intersection de toutes les familles satisfaisant aux conditions *a* et *b*.

On peut définir dans Φ des éléments minimaux relativement à Φ; on peut alors montrer que, si Ω comprend les opérations Π et (A — B), tout élément de Φ est une réunion de tels éléments minimaux relatifs.

On dit que Ω est complète pour (E, $\mathcal{F}$) lorsque tout ensemble nommable dans (E, $\mathcal{F}$) est un élément de Φ. Un problème fondamental consiste à reconnaître si une famille Ω d'opérations est complète pour (E, $\mathcal{F}$).

Théorème 4. — *Si* E *est un ensemble fermé cartésien totalement discontinu, la famille* Ω *des opérations* Σ, Π, (A — B), A′ *est complète pour* (E, $\emptyset$).

Tout ensemble minimal pour (E, $\emptyset$) *est un ensemble borélien homogène; inversement tout ensemble linéaire borélien homogène sans points intérieurs est homéomorphe à un tel ensemble minimal.*

On voit ainsi apparaître la possibilité de définir effectivement, à partir de ces ensembles E, des ensembles boréliens homogènes de toute classe.

Ces faits font apparaître l'intérêt qu'il y a à étudier dans un espace E les ensembles minimaux dans (E, $\emptyset$) et les ensembles A minimaux dans (E, {A}).

Théorème 5. — *Tout ensemble plan compact et homogène* A *appartient à l'un des types topologiques suivants :* 1° A *contient n points;* 2° A *est parfait et totalement discontinu;* 3° *et* 4° A *est homéomorphe à un ensemble formé de cercles concentriques de rayon* ≠ 0 *et coupé par un diamètre suivant un ensemble fini ou parfait totalement discontinu.*

Théorème 6. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un ensemble* E

cartésien, réunion d'une famille dénombrable d'ensembles parfaits totalement discontinus soit un ensemble homogène est que, ou bien a. $(\overline{\overline{E}-E}).E=0$ *ou bien b.* $(\overline{\overline{E}-E})=\overline{E}$. *Dans ce dernier cas, si* E *est un sous-ensemble d'un arc simple,* $(\overline{E}-E)$ *est aussi homogène.*

III. Nous voulons donner un ensemble complet d'invariants topologiques suffisant à la caractérisation topologique *individuelle* de chaque ensemble fermé cartésien totalement discontinu.

Ex. : Pour un ensemble fermé dénombrable, la donnée de deux nombres ordinaux dont l'un est fini est suffisante.

Soit F un ensemble fermé et Φ la famille des sous ensembles A de F définie par les conditions suivantes :

1° $F\in\Phi$; 2° $A\in\Phi\rightarrow A'\in\Phi$; 3° et 4° $A_i\in\Phi$ (pour $i\in I$) $\rightarrow \Pi A_i\in\Phi$ et $\overline{\Sigma A_i}\in\Phi$; 5° $A\in\Phi$ et $B\in\Phi\rightarrow(\overline{A-B})\in\Phi$; 6° Φ est l'intersection de toutes les familles qui satisfont aux cinq conditions précédentes.

Tout élément E_α de Φ peut s'obtenir à partir de F par une suite dénombrable transfinie ω d'opérations élémentaires. Nous noterons $E_\alpha=(\omega, F)$.

Si pour ω et ω' données, on a pour tout F, $(\omega, F)=(\omega', F)$, on dit que ω et ω' sont équivalentes. On peut donner des règles permettant de reconnaître si deux suites ω sont équivalentes.

Définition. — Si F_1, F_2 sont fermés, et ω est une suite quelconque d'opérations, on dit que $E_1=(\omega, F_1)$ et $E_2=(\omega, F_2)$ ont même indice.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que deux ensembles cartésiens fermés totalement discontinus* E_1 *et* E_2 *soient homéomorphes est que, dans les familles* Φ_1 *et* Φ_2 *associées à ces ensembles, les éléments de même indice soient simultanément finis et composés d'un même nombre de points.*

GÉODÉSIE. — *Erreur probable et poids d'un nivellement hétérogène.* Note de M. **Jean Vignal**, présentée par M. Georges Perrier.

Soit une section de nivellement *hétérogène*, c'est-à-dire formée de nivellements exécutés suivant des méthodes différentes sur des tronçons partiels de longueurs $L(L_1, L_2, \ldots)$.

Appelons $\tau_L(\tau_{1L}, \tau_{2L}, \ldots)$ la valeur probable accidentelle par kilomètre de l'erreur totale, sur une distance L, pour l'un des nivellements partiels, et soit $\tau(\tau_1, \tau_2, \ldots)$ la limite vers laquelle tend ce coefficient, quand la distance L atteint et dépasse la limite $Z(Z_1, Z_2, \ldots)$ au-delà de laquelle les erreurs systématiques de ce nivellement partiel ont des effets purement accidentels.

I. *Erreur probable.* — Cherchons l'erreur probable θ du nivellement hétérogène sur la longueur totale $L_1+L_2+\ldots=\Sigma L$. Ce problème doit être résolu fréquemment, par exemple pour fixer les tolérances à admettre, lors du rattachement d'un nivellement nouveau à deux repères anciens d'un nivellement antérieur exécuté par une méthode différente, généralement plus précise.

La méthode habituelle ne s'applique pas ici, en raison du caractère non purement accidentel des erreurs. Elle conduirait au résultat suivant :

$$\theta^2 = \Sigma L \tau_L^2.$$

Ce résultat est manifestement absurde, comme il apparaîtrait sur le premier cas particulier examiné ci-dessous.

Mais la méthode habituelle demeure valable dans les deux cas particuliers suivants :

1° Si tous les nivellements partiels sont exécutés avec la même méthode, en sorte que la section donnée est *homogène* ($\tau_{1L} = \tau_{2L} = \ldots = \tau_L$), l'erreur probable cherchée est évidemment, par définition,

$$\theta = \tau_{\Sigma L} \sqrt{\Sigma L}.$$

2° Si toutes les longueurs partielles L_1, L_2, ... sont supérieures aux limites Z_1, Z_2, ... au delà desquelles les effets des erreurs systématiques deviennent purement accidentels, θ^2 est la somme des carrés des erreurs probables partielles sur chaque tronçon, $L_1 \tau_1^2$, $L_2 \tau_2^2$, ...; on a

$$\theta^2 = \Sigma L \tau^2.$$

Plaçons-nous maintenant dans le cas général où les nivellements partiels sont effectués par des méthodes différentes, et où leurs longueurs L_1, L_2, ... ne sont pas toutes supérieures aux limites Z_1, Z_2, ... Appelons θ_1, θ_2, ... les valeurs qu'aurait eues l'erreur probable, si toute la section de longueur $L_1 + L_2 + \ldots = \Sigma L$, avait été nivelée par chacune des méthodes employées, en sorte que

$$\theta_1 = \tau_{1\Sigma L} \sqrt{\Sigma L}, \quad \theta_2 = \tau_{2\Sigma L} \sqrt{\Sigma L}, \quad \ldots.$$

L'erreur probable cherchée θ est évidemment comprise entre les valeurs extrêmes des θ_1, θ_2, ... Il est naturel de lui attribuer la valeur

$$\theta^2 = \frac{\Sigma L_1 \theta_1^2}{\Sigma L_1} \quad \text{ou} \quad \boxed{\theta^2 = \Sigma L \tau_{\Sigma L}^2.}$$

Cette formule générale conduit aux résultats corrects obtenus dans les deux cas particuliers précédents. Elle trouve là sa justification.

II. *Poids*. — Cherchons le poids à affecter à une telle section hétérogène, pour la compensation d'un réseau de nivellements dont elle fait partie. Ici encore, la théorie des erreurs accidentelles n'est pas applicable. Elle conduirait à égaler ce poids à $1/\theta^2$, θ ayant la valeur ci-dessus.

Mais un tel choix entraînerait des résultats absurdes. Supposons en effet que la section de longueur $\Sigma L = \mathcal{L}$ soit *homogène* ($\tau_{1L} = \tau_{2L} = \ldots = \tau_L$), en sorte que $\theta^2 = \mathcal{L} \tau_{\mathcal{L}}^2$. Imaginons qu'elle fasse partie d'un *polygone fermé unique*, d'écart de fermeture φ, entièrement nivelé suivant la *même méthode homogène*.

Avec des poids ainsi choisis, la compensation γ sur la section $\mathcal{L}$ serait

$$\gamma = -\varphi\frac{\theta^2}{\Sigma\theta^2} = -\varphi\frac{\mathcal{L}\tau_{\mathcal{L}}^2}{\Sigma\mathcal{L}\tau_{\mathcal{L}}^2}.$$

Admettons que, sur le polygone fermé, la seule section considérée $\mathcal{L}$ ait une longueur $\mathcal{L}$ inférieure à la limite Z afférente à la méthode employée, toutes les autres ayant des longueurs supérieures à Z. Pour toutes les autres sections, $\tau_{\mathcal{L}}$ aurait la valeur limite τ, alors que pour la section considérée, $\tau_{\mathcal{L}}$ serait inférieur à τ. La compensation γ serait donc inférieure en valeur absolue à la part de l'écart de fermeture φ proportionnelle à sa longueur, $-\varphi(\mathcal{L}/\Sigma\mathcal{L})$, ce qui est manifestement absurde.

Pour obtenir un résultat conforme au bon sens, il faut donc remplacer le coefficient $\tau_{\mathcal{L}}$ par sa limite τ, et *attribuer à la section un poids* $1/\theta^2$, en posant

$$\theta^2 = \mathcal{L}\tau^2 \quad \text{ou} \quad \boxed{\theta^2 = \Sigma L\tau^2.}$$

Cette formule conduit à des résultats corrects dans le cas d'un polygone unique homogène. Il en est évidemment de même si tous les tronçons et toutes les sections ont des longueurs supérieures aux limites Z_1, Z_2, ..., en sorte qu'elle est exacte aux grandes distances, quoi qu'il en soit du détail. Elle trouve dans ces deux faits sa justification.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur le calcul de la chaleur spécifique aux basses températures du naphtalène et du benzène à partir des fréquences des pivotements des molécules dans le cristal.* Note de M. **Auguste Rousset**, présentée par M. Charles Fabry.

I. Si, dans le calcul de la chaleur spécifique d'un cristal moléculaire *aux basses températures*, on suppose les molécules rigides, on peut traduire l'agitation thermique :

1° par un système d'ondes élastiques qui rend compte du mouvement des centres de gravité (les vibrations transportées ont des fréquences dites *acoustiques* qui s'étendent depuis zéro jusqu'à une limite supérieure liée aux propriétés élastiques du cristal);

2° par un système d'ondes élastiques qui rend compte des mouvements des molécules autour de leur centre de gravité; *ces mouvements consistent en des pivotements de faible amplitude autour des axes principaux d'inertie* ([1]). Leurs fréquences constituent les spectres optiques plus étroits, dont les limites supérieures coïncident avec les fréquences Raman des raies de pivotement. *Supposons d'abord que les spectres des fréquences optiques soient*

([1]) A. Kastler et A. Rousset, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 646; *Journ. de Physique*, 8e série, **2**, 1941, p. 49.

monochromatiques; on peut alors leur faire correspondre, dans le calcul de la chaleur spécifique, des fonctions d'Einstein dont les températures caractéristiques θ_i sont liées aux fréquences ν_i des raies Raman de pivotement par $\theta_i = h\nu_i/k$. S'il y a n fréquences de pivotement, la chaleur spécifique moléculaire C aux basses températures s'écrira

$$C = 3R\left[D\left(\frac{\theta_m}{T}\right) + \frac{1}{n}\sum_1^n E\left(\frac{\theta_i}{T}\right)\right].$$

Pour les molécules de benzène, qui sont animées d'un mouvement de rotation autour de l'axe sénaire et de pivotements autour d'axes du plan équatorial [2]

$$C = R\left[3D\left(\frac{\theta_m}{T}\right) + \frac{2}{n}\sum_1^n E\left(\frac{\theta_i}{T}\right) + \frac{1}{2}\right].$$

II. Les valeurs expérimentales des chaleurs spécifiques du naphtalène, rapportées dans les *Tables annuelles de constantes* (Paris, 1937, 9, p. 16) sont les résultats d'une même série de nombreuses mesures depuis 14°K. jusqu'à 295°K., les températures étant indiquées au 1/100 de degré près. Pour le benzène, de telles séries de mesures n'existent que pour des températures supérieures à 80°K. [3]; aux températures plus basses, nous n'avons trouvé, dans la littérature que des résultats isolés de Nernst; nous avons adopté C = 2,9 à 24°K. et 5,0 à 36°K.

La moyenne des fréquences de pivotement étant de 50 cm^{-1}, la température correspondante θ_i vaut 70°K. et, pour des températures supérieures à 100°K., les fonctions E restent constantes et égales à 2; à partir des variations des chaleurs spécifiques dans l'intervalle 100-170°K., nous avons calculé des températures θ_m de Debye respectivement égales à 900° pour le naphtalène et 1150° pour le benzène. Ces températures étant relativement élevées, les valeurs des fonctions D restent négligeables jusqu'à 40°K. *A ces basses températures la chaleur spécifique ne dépend que de l'énergie mécanique des pivotements et rotations des molécules rigides.*

III. *a.* Pour le naphtalène, à partir des fréquences des pivotements 46, 54, 74, 76, 108 et 127 cm^{-1} [1], nous avons calculé les chaleurs spécifiques moléculaires (C théoriques) reportées dans le tableau ci-dessous.

Température...	15,14.	25,54.	36,47.
C (expérimental).............	1,411	4,058	6,513
C (théorique).................	0,975	3,464	5,772
C (théorique ajusté)...........	1,411	4,08	6,39

(2) A. Rousset, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 485.

(3) *Recueil des constantes physiques*, Paris, 1913, p. 312; *Tables de Landolt-Börnstein*, 5e suite, Berlin, 1937.

Les valeurs théoriques sont trop faibles, l'excès des valeurs expérimentales sur les valeurs théoriques diminuant en valeur relative quand la température augmente; tout se passe comme si les valeurs de θ_i, donc de $\Delta\nu_i$ étaient légèrement trop fortes. Or la fréquence Raman est une limite supérieure des fréquences des spectres optiques que nous avons supposés monochromatiques. Cette approximation n'est plus légitime pour les pivotements de basses fréquences. On devrait remplacer la fonction d'Einstein par une fonction de Debye, mais nous ne connaissons pas la limite inférieure du spectre; *nous conserverons donc une fonction d'Einstein avec une fréquence ajustée, légèrement inférieure à la fréquence Raman.* Il suffit de diminuer de 4 cm^{-1} la plus basse fréquence de pivotement pour obtenir un parfait accord des valeurs théoriques et expérimentales.

b. Pour le benzène, la température caractéristique de rotation $\theta_r = h^2/8\pi^2 I k$ vaut $0^\circ,2$K., car le moment d'inertie I s'élève à $210 \text{ g} \times \text{cm}^2$; les molécules tournent donc autour de leux axe sénaire jusqu'au voisinage immédiat du zéro absolu [4] et la formule (2) reste toujours valable dans nos vérifications. Les fréquences de pivotement étant 55, 65 et 100 cm^{-1} [5], on en déduit les chaleurs spécifiques moléculaires 2,81 et 4,84 aux températures 24° et 36°K., en bon accord avec les valeurs expérimentales 2,9 et 5,0. *Si l'on supposait que la fréquence Raman, observée à* 35 cm^{-1}, *est due à un pivotement, on calculerait des chaleurs spécifiques beaucoup trop fortes,* 4,74 *et* 7,22.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Enregistreurs statistiques, à plusieurs degrés de liberté.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

La courbe obtenue avec les enregistreurs statistiques à amortissement prépondérant [1] soumis à l'action d'une série de perturbations amorties est une série d'oscillations dont l'amplitude, rapportée à l'ordonnée moyenne $\Delta\theta_0/\theta_0$, est égale au quotient de la période σ de succession des perturbations par la constante principale τ de l'enregistreur.

L'enregistrement statistique des perturbations électromagnétiques se succédant à une cadence réduite entraîne la nécessité de recourir à des constantes de temps de l'ordre de plusieurs centaines de secondes afin de limiter l'amplitude relative $\Delta\theta_0/\theta_0$ des oscillations. Il en résulte que la stabilité de l'équilibre de la partie mobile des enregistreurs est précaire.

---

(4) Cette rotation libre de la molécule de benzène dans le cristal à basse température suppose que la molécule est soumise uniquement aux forces de dispersion de London; et que la distribution des électrons optiques (et non seulement l'ellipsoïde des réfractivités) est de révolution, (F. London, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 2059.)

(5) A. Fruhling et A. Kastler, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 998.

(1) F. Carbenay, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1029; **219**, 1944, p. 443.

Nous nous sommes proposé de réaliser des enregistreurs statistiques à plusieurs degrés de liberté en constituant la partie mobile des appareils par un ensemble de n équipages oscillants très amortis et couplés de telle façon que l'action de la grandeur physique attachée au phénomène à enregistrer s'exerce sur l'équipage de rang p par l'intermédiaire des $(p-1)$ équipages qui le précèdent, et que l'action de l'équipage de rang p n'affecte pas sensiblement le mouvement de l'équipage de rang $(p-1)$ auquel il est directement soumis.

Un enregistreur à deux degrés de liberté comportant deux équipages mobiles couplés, munis chacun d'un organe d'inscription mécanique, a été réalisé.

La grandeur physique attachée au phénomène à enregistrer est l'intensité $i=f(t)$ du courant de sortie d'un récepteur accordé sur une fréquence définie et soumis à l'action des perturbations atmosphériques. Le courant circule dans l'enroulement du cadre mobile du premier équipage mobile soumis au couple de torsion du fil de suspension et à un grand couple d'amortissement; le cadre se déplace dans l'entrefer d'un électroaimant. La constante de temps principale τ_1 (égale au rapport du coefficient B_1 du couple d'amortissement, proportionnel à la vitesse, au couple de torsion par radian B_0) étant très grande devant la constante de temps secondaire (égale au rapport du moment d'inertie de l'équipage au coefficient d'amortissement), l'équation du mouvement de l'équipage est

$$(1) \qquad \tau_1 \frac{d\theta_1}{dt} + \theta_1 = \frac{\Phi_0}{B_0} f(t),$$

en désignant par Φ_0 le flux magnétique maximum pouvant traverser le cadre.

Un second équipage soumis à l'action du premier, auquel il est suspendu par un fil dont le couple de torsion par radian est faible devant le couple de torsion par radian du fil de suspension du premier équipage, comprend essentiellement un dispositif produisant l'amortissement nécessaire proportionnel à la vitesse. Il comporte en outre, ainsi que le premier équipage, un style inscripteur pourvu d'un vibrateur-réducteur du frottement du style sur le papier du diagramme. La constante de temps principale τ_2 étant très grande devant la constante de temps secondaire, l'équation du mouvement du second équipage est $(0 < k \leqq 1)$

$$(2) \qquad \tau_2 \frac{d\theta_2}{dt} + \theta_2 = k\theta_1.$$

D'où

$$\tau_1\tau_2 \frac{d^2\theta^2}{dt^2} + (\tau_1+\tau_2)\frac{d\theta_2}{dt} + \theta_2 = k\frac{\Phi_0}{B_0} f(t).$$

L'enregistrement $\theta_2(t)$ est équivalent à celui qui serait obtenu avec un système oscillant simple de période propre $2\pi\sqrt{\tau_1\tau_2}$ et de degré d'amortissement $(\tau_1+\tau_2)/2\sqrt{\tau_1\tau_2}$. Si les constantes de temps τ_1 et τ_2 sont égales à une valeur commune τ, la période propre est $2\pi\tau$ et l'apériodicité critique est réalisée puisque le degré d'amortissement est égal à l'unité.

Si $f(t)$ représente, par exemple, une série de perturbations de durée δ très petite devant la constante de temps τ et se succédant à la cadence de n par seconde, la courbe enregistrée est une série d'oscillations autour d'une ordonnée moyenne proportionnelle à la quantité d'électricité nq_0 traversant l'appareil par unité de temps. L'amplitude relative des oscillations (en supposant $\delta \ll \sigma = 1/n \ll \tau$) est $\Delta\theta_0/\theta_0 = 1/8(\sigma/\tau)^2$, c'est-à-dire égale, à un coefficient près, au carré du rapport de la période de succession des perturbations à la constante de temps d'un des éléments de l'appareil. La comparaison de ce rapport avec celui établi pour un enregistreur à un seul degré de liberté met en évidence la réduction importante de l'amplitude relative des oscillations obtenue avec l'enregistreur à deux équipages couplés.

L'enregistrement du mouvement du second équipage est, avec $\tau_1 = \tau_2 = \tau$, de la forme

$$\theta_2 = k\frac{\Phi_0}{B_0}\alpha^2 e^{-\alpha t}\int dt \int e^{\alpha t} f(t)\,dt + (P_1 + P_2 t)\,e^{-\alpha t} \qquad \left(\alpha = \frac{1}{\tau}\right).$$

L'emploi de deux équipages couplés, au lieu d'un seul équipage, qui se traduit par la substitution d'une intégrale double à une intégrale simple, fait bénéficier l'enregistrement statistique de l'effet d'une constante de temps apparente très supérieure à la constante de temps τ de chaque équipage sans pour cela accroître dans le même rapport la durée des régimes transitoires qui reste, ainsi que la stabilité de l'équilibre, caractérisée par la constante de temps τ.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la réduction électrolytique des carbonates et la préparation des carbures métalliques par électrolyse ignée.* Note de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **Georges Weiss**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un de nous a montré ([1]) qu'il était possible d'obtenir de nombreux composés binaires en utilisant les réactions secondaires qui se produisent lorsqu'on électrolyse des sels oxygénés ou des oxydes dissous dans des milieux convenables.

La préparation des carbures par cette méthode est plus difficile que celle des borures, des siliciures, des phosphures, des arséniures etc., à cause de l'instabilité des carbonates à haute température et de l'insolubilité des oxydes métalliques dans ces sels à l'état fondu. Souvent même il ne se forme pas de carbure : on obtient du carbone ou un métal à la cathode. Voici quelques exemples :

Carbonate de baryum. — Haber et Tolloczko ([2]) ont déjà fait l'électrolyse d'un mélange solide, porté à 580°, d'une partie de carbonate de baryum dans

---

([1]) J.-L. Andrieux, *Thèse*, Paris, 1929; *Ann. Chimie*, **12**, 1929, pp. 423-507.
([2]) *Z. anorg. Chem.*, **41**, 1904, p. 412.

quatre parties, en poids, de chlorure de baryum. Avec un courant de 30 à 40 mA, ils ont obtenu, autour de la cathode, environ 10-12^{mg} de carbone par expérience.

Grâce à l'addition de chlorure de sodium ou de lithium au bain précédent, de façon à former l'eutectique binaire $BaCl^2$-$NaCl$ ou $BaCl^2$-$LiCl$, nous avons pu augmenter jusqu'à 25 % la teneur en carbonate. Ces bains peuvent être facilement électrolysés vers 700-800° avec des courants de l'ordre de 10 A sous 3 V. On obtient environ 1^g de carbone par heure; le rendement est voisin de 80 %. La réduction s'effectue bien lorsqu'on emploie le creuset comme anode; on observe alors la formation d'une boule cathodique qui permet d'extraire facilement du bain les produits obtenus.

Carbonate de lithium. — L'électrolyse de ce sel, additionné de 25 % de chlorure de lithium, présente les mêmes phénomènes que l'électrolyse du carbonate de baryum. La réduction secondaire est d'autant plus importante que la densité de courant cathodique est plus forte. C'est pourquoi, dans nos recherches ultérieures, nous avons toujours employé comme cathode une baguette placée dans l'axe du creuset.

Carbonates de sodium et de potassium. — L'électrolyse des bains de composition CO^3Na^2, FNa ou CO^3K^2, FK ne donne pratiquement pas de carbone. La cathode est fortement attaquée. Toutefois, si l'on remplace le fluorure de sodium ou de potassium par du fluorure de lithium, on obtient du carbone à la cathode, avec un rendement de 75 à 80 %.

Essais de préparation électrolytique des carbures. — En vue de l'obtention de la cémentite, nous avons d'abord ajouté de l'oxyde ou du chlorure de fer aux bains qui nous ont donné les meilleurs résultats dans les expériences précédentes. Voici la composition des mélanges employés :

$2CO^3Ba$, Cl^2Ba, $2ClLi$, $1/5\ Fe^2O^3$;
CO^3Li^2, $1/2$ FLi, $1/20\ Cl^2Fe$;
CO^3Na^2, $1,5$ FLi, $1/20\ Fe^2O^3$;
CO^3Na^2, $1,5$ FLi, $1/5\ Cl^2Fe$.

Tous ces bains sont stables et s'électrolysent facilement entre 700 et 750°. Nous avons suivi la teneur en carbonate au cours des expériences et constaté que la décomposition par dissociation thermique est pratiquement négligeable. Dans ces essais nous n'avons obtenu que du carbone et quelques traces de fer, jamais de carbure.

Un mélange de métaborate de lithium ou de sodium avec du carbonate de lithium ou de sodium, additionné de sels halogénés, constitue un bain d'assez bon pouvoir dissolvant. Lorsque le rapport $(CO^3Na^2/B^2O^3, Na^2O) > 1$, l'électrolyse ne fournit pratiquement que du carbone. Les bains constitués par les sels de sodium précédents, additionnés de fluorure de lithium, sont plus stables que ceux préparés avec des sels de lithium seuls. Ils peuvent être électrolysés

sans décomposition thermique sensible jusqu'à 820°; c'est pourquoi nous les avons adoptés pour la préparation des carbures.

Voici les résultats de quelques expériences :

Composition des bains.	Température.	Tension.	Intensité.	Durée.	Teneur en C du produit.
		V	A	m	%
B^2O^3, Na^2O, $3CO^3Na^2$, $4FLi$, $\frac{3}{20}Fe^2O^3$.....	750-800	2	19	30	7,2
B^2O^3, Na^2O, $3CO^3Na^2$, $4FLi$, $\frac{1}{10}Fe^2O^3$.....	815	2	20	15	6,6 CFe^3
B^2O^3, Na^2O, $2CO^3Na^2$, $4,5FTu$, $\frac{1}{6}WO^3$....	780-800	2	20	30	6,5 CTu
B^2O^3, Na^2O, $2CO^3Na^2$, $4,5FLi$, $\frac{1}{3}MoO^3$....	780-800	2,5	20	20	5,9 CMo^2

Les carbures obtenus ne contiennent pratiquement pas de bore.

Somme toute, les bains à base de métaborate et carbonate de sodium, permettent la synthèse d'un certain nombre de carbures. Ce fait donne une extension intéressante à la méthode générale de synthèse électrolytique des composés binaires cités plus haut; l'acide borique et les borates, employés jusqu'alors comme solvants pour la préparation des métaux purs, alliages et borures, peuvent être envisagés comme tels, pour la synthèse d'autres composés binaires, sans bore, lorsqu'on prend les précautions nécessaires pour que ce dernier ne contamine pas les produits obtenus par électrolyse.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude d'un cas d'interaction entre un mésoton cosmique et un noyau de plomb.* Note (¹) de MM. **Louis Leprince-Ringuet** et **Jean Crussard**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le cliché Wilson étudié dans cette Note a été obtenu avec le champ (13000 gauss) de l'électroaimant de l'Académie des Sciences de Bellevue. La



chambre, de 55^{cm} de haut, est coupée par deux écrans de plomb de 5^{mm} chacun. L'intensité du champ et la longueur des trajectoires a permis d'obtenir de

(¹) Séance du 3 avril 1944.

renseignements intéressants sur les particules lourdes qui s'échappent de A et a rendu possible une interprétation quantitative.

Nous admettons que le rayon (1) (2), qui traverse les deux écrans sans produire de gerbes cascades, est un mésoton. Si d'ailleurs on attribuait à (1) une nature protonique ou électronique, les conclusions ne seraient pas sensiblement modifiées.

Le fait essentiel est que les particules (3) et (4) ne sont certainement pas des protons.

Le rayon (3) est positif et $(H\rho)_3$ a comme limite inférieure $2,6.10^6$ gauss $\times$ cm. Le rayon (4) est trop rectiligne pour qu'on puisse avoir une certitude sur son signe et son énergie; son $(H\rho)_4$ minimum est de $3,3.10^6$ gauss $\times$ cm. L'ionisation de protons possédant ces valeurs de $H\rho$ serait comprise entre le minimum et le double de ce minimum, ce qui ne correspond pas du tout à la très grande densité des trajectoires (3) et (4). Ainsi (3) et (4) sont au moins des hélions, et peut être des morceaux nucléaires de masse et de charge supérieures.

Supposons d'abord que (3) et (4) soient des hélions. Le bilan d'énergie est à la rigueur acceptable, l'énergie cédée par (1) ayant comme limites extrêmes 1200 et 1500 MeV, mais il n'est pas impossible que le phénomène nucléaire ait dû fournir de l'énergie, car on ne connaît pas la limite supérieure de l'énergie de (4).

Par contre le bilan des impulsions projetées sur la direction (1) fait apparaître une grande quantité d'impulsion p vers le bas, telle que pc soit supérieur à 2.10^9 électron-volts. Il faut donc admettre que, dans le plomb, cette impulsion a été emportée vers le haut par un ou plusieurs morceaux lourds qui ne sont pas sortis de l'écran. L'on ne peut admettre l'hypothèse d'une émission vers le haut d'un neutron de grande impulsion, car cette éjection d'une telle particule légère avec autant d'impulsion aurait exigé beaucoup d'énergie, ce qui aurait déséquilibré de façon invraisemblable le bilan d'énergie.

Si l'on suppose que (3) et (4) ne sont pas des hélions, mais des morceaux nucléaires analogues à ceux que l'on trouve dans les fissions, par exemple des particules de masse 50 et ionisées dix fois, le bilan d'énergie ne peut plus être vérifié, il faut que le phénomène nucléaire ait libéré une énergie de l'ordre de 100 ou de quelques centaines de MeV; le bilan d'impulsion est d'autre part plus déséquilibré que dans l'hypothèse des hélions, ce qui oblige à admettre l'émission vers le haut de morceaux lourds ne sortant pas de l'écran.

On peut tirer de ces indications les conclusions suivantes : tout d'adord il ne peut s'agir d'une interaction simple du mésoton avec deux nucléons d'un noyau de plomb que l'on pourrait considérer comme libres, vu la petitesse de leur liaison avec le reste du noyau en regard de l'énergie communiquée par la particule incidente. Il semble que le mésoton incident ait communiqué l'énergie considérable de 1200 à 1500 MeV *à l'ensemble* d'un noyau de plomb (soit par l'inter-

médiaire d'un échauffement local, suivant un mécanisme envisagé, mais qui semble ici peu probable, soit par un autre mécanisme) : à la suite de cette excitation, le noyau aurait, par fission, projeté des particules dans diverses directions et les rayons lourds observés seraient des produits de cette fission.

Si des phénomènes d'évaporation nucléaire se rencontrent parfois dans le rayonnement cosmique, comme l'observation de protons dans les *étoiles* cosmiques semble le montrer dans l'argent et le brome des émulsions photographiques, il existe aussi d'autres sortes de phénomènes nucléaires dont cette Note fournit un exemple.

Si cette discussion a pu se faire avec quelque fruit, c'est grâce à l'intensité et à l'étendue du champ magnétique utilisé. Des clichés parfois très beaux d'interaction nucléaire de rayons cosmiques ont déjà été publiés par divers auteurs, mais l'absence de champ ou sa trop faible valeur (ou étendue) ne permettait pas en général de donner des indications de nature sur les particules lourdes émises.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et propriétés de l'aluminium sursaturé en hydrogène.* Note de MM. **Léon Moreau** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Albert Portevin.

Si on laisse séjourner un bloc d'aluminium pur (99,98 %) pendant plusieurs semaines dans une solution de soude diluée (1/100 N) maintenue à concentration constante, on obtient un métal qui peut renfermer plus de 1000^{cm^3} d'hydrogène par 100^g. Cet aluminium présente en micrographie un aspect tout à fait normal, et l'on peut, par les méthodes classiques, le faire recristalliser facilement en très beaux monocristaux. Si l'on fond ce métal, il ne perd généralement pas ses gaz au moment de la solidification; toutefois le rochage peut se produire d'une façon très brusque lorsqu'on agite le métal avec un sel fondu. Nous avons constaté que ce chargement en hydrogène provoque, comme dans le cas du fer [1], une augmentation du module d'élasticité.

Nous avons utilisé pour la mesure du module l'élasticimètre pendulaire de Le Rolland-Sorin. Nos mesures étaient effectuées sur des éprouvettes cylindriques de $5^{mm},64$ de diamètre, qui étaient découpées dans un barreau carré qui, à l'origine de l'attaque, avait une section de 20×20^{mm} (ce barreau perdait environ 5^{mm} sur chaque côté au cours des 30 jours d'attaque).

On constate sur le tableau ci-après que le module de l'aluminium croît avec le temps de chargement et atteint, dans nos conditions expérimentales, un maximum au bout d'environ 20 jours d'attaque. Le module apparent décroît

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 507.

ensuite, car il se dégage alors, au sein du métal, des microbulles d'hydrogène qui diminuent d'autant la section utile de l'éprouvette.

Échantillon étudié.	E (module d'élasticité).	Cm^3 d'hydrogène pour 100g.
a. Métal de base (Al 99,98 recuit)	6830	80
b. Chargé par attaque à la soude diluée pendant 10 jours	7000	?
c. » » 15 jours	7150	?
d. » » 20 jours	7400	516
e. » » 30 jours	6700	1276
f. Échantillon *d* dégazé sans échauffement par bombardement	6800	0
g. Métal (échantillon *e*) refondu et coulé sans soufflure	7300	1100
h. Monocristal provenant du recuit du métal de l'éprouvette *e*.	?	1096

Si nous refondons (expérience *g* du tableau) l'aluminium qui a donné le module le plus bas (échantillon *f*), nous retrouvons la valeur maximum du module, à la condition d'effectuer la coulée rigoureusement sans retassure, par le procédé dit de la coulée dans l'eau. On remarquera que cette refusion n'élimine qu'une faible quantité d'hydrogène qui constituait les microsoufflures, au maximum 10 % de l'hydrogène total. D'autre part on peut, par le procédé du bombardement ionique, extraire sans échauffement la totalité de l'hydrogène contenu dans l'éprouvette (expérience *f* du tableau); on retrouve après cette opération la valeur du module initial.

Il serait tout à fait erroné de penser que plus de 1000^{cm^3} d'hydrogène se trouvent entièrement en solution solide dans le réseau de l'aluminium. En effet nous n'avons constaté, par la méthode du diagramme de Debye-Scherrer en retour avec étalon (2), aucune variation du paramètre de la maille cristalline déterminée à moins de 3/10000 Å. Nous sommes donc conduits à admettre, comme dans le cas du fer, que la plus grande partie de l'hydrogène présent, n'étant décelable ni dans le réseau ni dans les espaces intergranulaires, doit se trouver dans les vides d'une sous-structure. Nous nous proposons d'apporter, prochainement d'autres arguments en faveur de cette hypothèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques dérivés des acides mésodihydroanthracène-dicarboxyliques stéréoisomériques*. Note (1) de M. **Jean Mathieu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les acides mésodihydroanthracènedicarboxyliques (I) et (II), dont la séparation a été décrite précédemment (2), avaient été préparés comme intermédiaires en vue de leur déshydrogénation pour aboutir à l'acide anthracènemésodicarboxylique (V), et à ses dérivés. Mais ces acides et leur

(2) Jacques Bénard, *Thèse*, Paris, 1938.

(1) Séance du 2 octobre 1944.

(2) Ch. Dufraisse et J. Mathieu, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 242.

isomérie stéréochimique avaient par eux-mêmes leur intérêt. Ils se rattachent en effet aux acides 1.4-dihydrotéréphtaliques (III) et (IV), dont ils sont les dibenzodérivés, avec cette particularité que l'accolement de deux noyaux benzéniques leur confère un caractère saturé et une stabilité que n'ont pas les acides dihydrotéréphtaliques simples correspondants; par là se trouvaient rendus plus abordables certains problèmes relatifs aux positions spatiales en *para* de deux carboxyles dans la série cyclohexanique. Ces considérations nous ont engagé à faire une étude à part des acides mésodihydroanthracène-dicarboxyliques. Nous décrivons ci-dessous quelques dérivés simples.

(I) (II)

(III) (IV) (V)

Seuls avaient été signalés les deux esters méthyliques ([3]) et un seulement des deux esters éthyliques ([4]). Ces préparations se heurtaient jusqu'ici à la difficulté de séparer les isomères, puisque, comme nous l'avons montré ([2]), les acides de départ étaient eux-mêmes des mélanges. Nous avons constaté, au contraire, que les dérivés purs s'obtenaient sans peine à partir des acides séparés, à la condition d'éviter les influences isomérisantes (alcalis forts, températures trop élevées). Voici quelques observations sur les corps obtenus.

Les deux esters méthyliques ont à quelques dixièmes de degré près, le même point de fusion, [166-167° M. Schlenk et E. Bergmann ([3]) indiquent respectivement 162,5-163° et 163,5-165°; H. Beyer et H. Fritsch ([4]) ne décrivent qu'un seul ester, fondant à 162-163°]. Comme l'avaient déjà constaté Schlenk et Bergmann, il y a une forte dépression pour la fusion du mélange.

Cette similitude se retrouve presque identique pour les esters éthyliques qui fondent respectivement à 66-67° et 67-68°, avec également une forte dépression pour le point de fusion de leur mélange. H. Beyer et H. Fritsch ([4]) ne décrivent encore ici qu'un seul isomère, fondant à 68-69°.

([3]) *Lieb. An.*, **463**, 1928, p. 1.

([4]) H. Beyer et H. Fritsch, *Ber. d. chem. Ges.*, **74**, 1941, p. 494.

Au contraire, pour les esters phényliques il y a une forte différence entre les points de fusion, 147-148° et 208-209°. De même un écart plus ou moins grand se manifeste dans chaque paire des autres dérivés, ceux de l'acide à point de fusion le plus élevé se mettant toujours en tête : chlorures d'acides, 154-155° et 169-170°, amides, 302-304° et 424-426°.

Les préparations de ces divers composés se font suivant les méthodes usuelles. Il faut signaler cependant que le chlorure d'acide de l'isomère à point de fusion élevé (380°) se fait beaucoup plus difficilement que l'autre; il faut une ébullition au reflux de 5 heures au moins en chlorure de thionyle. Ayant essayé, pour abréger l'opération, de chauffer en tube scellé à 130° nous avons constaté une déshydrogénation. Cette action oxydante du chlorure de thionyle est assez singulière et les exemples en sont plutôt rares. Le produit formé est le dichlorure de l'acide anthracènedicarboxylique (V), fondant à 193-194°, qui n'a pas encore été décrit; nous l'avons caractérisé par l'acide, l'amide et l'ester méthylique correspondants, préparés par une autre voie.

On remarquera les températures élevées de fusion des amides, surtout de l'un d'eux (426°). Cette propriété fait prévoir des solubilités fort réduites, ce qui est un obstacle à la purification par cristallisation : nous sommes parvenu à un bon résultat en utilisant le formamide comme solvant.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les eaux superficielles et les ressources probables en eaux profondes du Fezzan (Sahara Oriental).* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis les premières explorations du Fezzan, en particulier le voyage de Duveyrier, on sait que cette région est riche en eaux superficielles. Outre des puits à débit abondant dans les principales lignes d'oasis, on y connaît des flaques d'eau souvent importantes (quatre d'entre elles dépassent plusieurs centaines de mètres dans leur dimension principale) et fort différentes des lacs temporaires (nebas, chotts, sebkhras) habituels dans les régions désertiques. Ces lacs fezzanais sont, particularité singulière pour le Sahara, sensiblement indépendants des pluies.

Un autre fait notable, mis en évidence par les savants italiens, réside dans l'existence de nombreuses sources, surtout localisées sur la ligne d'oasis la plus septentrionale, le Châti. Sur une distance d'environ 120^{km}, on en a recensé près de 280. Elles sont souvent situées au sommet de monticules, formés par des dépôts de tufs ou de travertins colmatant des grains de sable. Lorsque le sable est abondant, comme par exemple à El Gorda, l'aspect est celui d'une véritable dune fixée, au sommet de laquelle se trouve la source. Les dépôts proviennent de l'eau des sources elles-mêmes. Dans bien des cas, il s'agit d'eaux ascendantes emprisonnées dans les couches poreuses du Dévonien supérieur et maintenues en charge par des couches schisteuses imperméables,

alternant assez régulièrement avec les grès dans ce terrain. Enfin, toutes sont parfaitement alignées sur l'axe anticlinal qui fait réapparaître, dans cette région, le Dévonien, de sorte que, même pour les sources qui semblent sortir du Quaternaire, une origine profonde doit être envisagée.

Des faits analogues s'observent à Serdelès, à 350^{km} plus à l'Ouest, dans les couches de même âge.

D'autre part les oasis de l'Oued el Agial, celles de Sebha et de Semnou, sont en totalité ou en partie alimentées par des eaux provenant de couches aquifères intercalées dans les grès de Nubie. Un examen détaillé montre que l'abondance de l'eau dans l'Erg d'Oubari, entre le Chati et l'Oued el Agial, a des causes analogues. Il est également probable que c'est aussi le cas dans la Hofra, bien que des dépôts quaternaires empêchent de le vérifier.

L'abondance de l'eau sur des lignes d'oasis distinctes, disposées parallèlement aux directions structurales de la région, est commandée par ces dernières. Il ne s'agit pas d'eaux originellement superficielles, liées à un réseau hydrographique subactif, mais bien d'une réapparition d'eaux profondes, intégrées à leur arrivée à la surface dans ce réseau hydrographique. Étant donnée l'existence de *plusieurs* nappes aquifères, superposées dans des formations géologiques différentes, on s'explique aisément que l'eau soit abondante au Fezzan, sur des étendues plus considérables qu'il n'est habituel au Sahara. Il faut ajouter, étant donnée l'allure géologique d'ensemble du Fezzan et des régions voisines, constituant une vaste cuvette synclinale aux bords topographiquement plus élevés que le centre, que les conditions géométriques nécessaires à l'existence d'eaux jaillissantes libérables par sondage profond sont réalisées. Enfin l'analyse stratigraphique des formations, Silurien, Dévonien et grès de Nubie, révèle que de nombreuses couches poreuses y sont séparées par des couches imperméables.

Ainsi les conditions tectoniques sont favorables à l'existence de nappes captives; les conditions hydrogéologiques locales démontrent la présence de l'eau et les conditions stratigraphiques comportent des couches alternativement perméables et imperméables. Dès lors on peut tenir pour *certain que les eaux superficielles utilisées actuellement au Fezzan ne représentent qu'une très faible partie des ressources utilisables*.

Remarquons en terminant que les nappes captives présumées sont réparties sur toute la hauteur de l'échelle stratigraphique. Il s'ensuit qu'en presque tous les points de la cuvette fezzanaise, un niveau aquifère au moins risque de se trouver à une profondeur exploitable. Ainsi, dans le Chati, les eaux dévoniennes sont à l'affleurement. Celles probablement incluses dans les grès du Tassili, si cette formation se poursuit jusque-là accompagnée de sa couverture imperméable silurienne, sont à une profondeur qui ne doit pas excéder 600^{m}. Ailleurs ce sont les nappes du Dévonien ou des grès nubiens qui sont à portée de sondage.

Au total, la région fezzanaise présente les meilleures chances de posséder en

profondeur de sérieuses réserves d'eaux artésiennes exploitables, dont l'utilisation pourrait améliorer de façon sensible les conditions de vie dans cette région désertique.

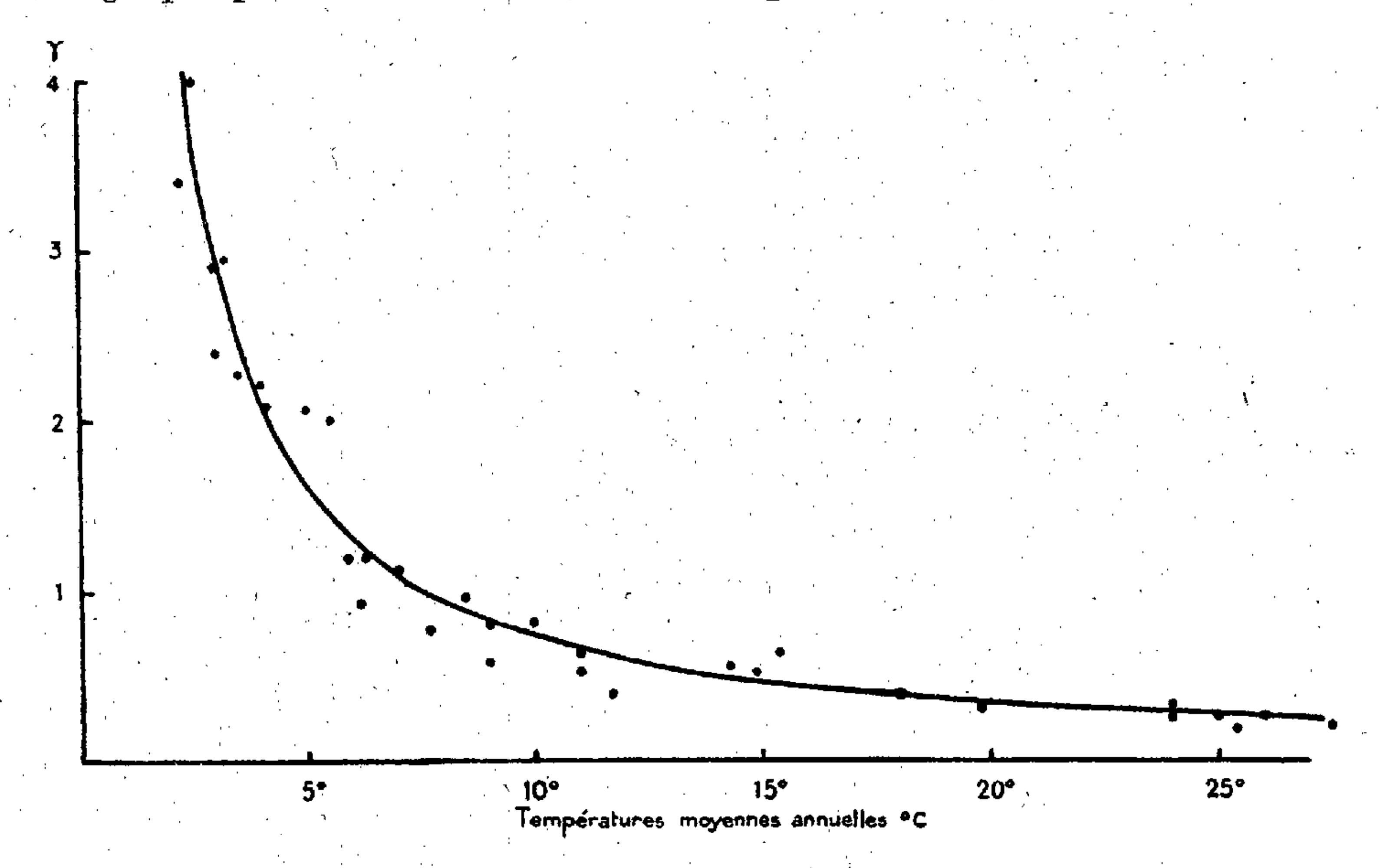
CLIMATOLOGIE. — *Relation entre l'évaporation, la température et l'indice d'aridité.* Note de MM. **Stéphane Hénin** et **M. Godard**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'un de nous a montré ([1]) que l'évaporation E, considérée comme la hauteur de pluie ne s'écoulant pas par drainage dans le bilan hydrologique annuel pouvait être calculée par la formule

$$E = \frac{P}{1 + \gamma P^2}, \qquad (1)$$

où P est la pluviosité en mètres et γ un coefficient mesurant l'action globale des facteurs de l'évaporation du milieu considéré. Cette formule a été vérifiée pour des cases lysimétriques et des bassins fluviaux.

Nous avons recherché la relation existant entre γ et la température annuelle considérée comme le facteur essentiel de l'évaporation, en utilisant notamment des observations hydrologiques portant sur de grands bassins ([2]), ([3]). Dans ce but, le graphique ci-dessous a été établi en portant en abscisses les températures



annuelles moyennes T des bassins et en ordonnées les γ correspondants. Le groupement des points montre que, pour un bassin suffisamment important, l'effet propre du terrain et de la végétation est sensiblement constant et que la

([1]) S. Hénin, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 80.
([2]) M. Pardé, *Rev. Géog. alp.*, **21**, 1933, pp. 497-542.
([3]) *Congrès Int. Géogr.*, Varsovie, **2**, 1934, p. 371 et suiv.

température domine le phénomène. La courbe obtenue correspond à la relation empirique $\gamma = 1/(0,15\,T - 0,13)$. D'après celle-ci, γ tend vers une valeur très grande pour une température annuelle voisine de 1°, l'évaporation apparaissant alors comme négligeable.

Grâce à cette formule, il est donc possible d'évaluer le débit d'un fleuve connaissant la pluviosité, la température et la surface de son bassin. D'autre part, en multipliant par $\sqrt{\gamma}$ les deux termes de la formule (1) et en posant $E\sqrt{\gamma} = E_c$ et $P\sqrt{\gamma} = P_c$, il vient $E_c = P_c/(1+P_c^2)$. Avec cette transformation, qui rend la formule indépendante de γ, les points relatifs à différents lieux se placent sur une courbe unique construite en fonction de E_c et de P_c. Pour comparer différentes stations, on est conduit ainsi à utiliser non plus la valeur météorologique de P, mais une valeur nouvelle P_c, synthétisant à la fois la pluviosité et l'action évaporante du milieu. Nous appellerons *pluie normée* cette valeur.

La pluie normée étant une fonction $P/f(T)$, nous avons été amenés à la comparer à l'indice d'aridité de De Martonne $I = P/(T+10)$, qui est de la même forme.

Comparaison entre la pluie normée et l'indice d'aridité.

Station.	Temp. annuelle (°C).	Pluie annuelle (mètres).	γ.	Pluie normée. Valeur absolue.	Pluie normée. Valeur relative.	Indice d'aridité. Valeur absolue.	Indice d'aridité. Valeur relative.
Paris	10,1	0,575	0,72	0,490	100	28,6	100
Bergen	7,1	2,145	1,08	2,230	455	126	440
Oslo	5,8	0,645	1,35	0,750	153	41	143
Hambourg	8,3	0,701	0,90	0,665	136	38,5	134
Kiew	6,9	0,590	1,11	0,620	127	35	122
Bordeaux	12,3	0,763	0,58	0,580	118	34	119
Varsovie	7,6	0,541	0,99	0,540	110	31	108
Posen	8,2	0,502	0,91	0,480	98	28	98
Marseille	13,8	0,574	0,51	0,410	84	24	84
Sassari (Sardaigne)	15,9	0,612	0,44	0,406	83	23,5	82
Narbonne	14,1	0,519	0,50	0,365	74	21,5	75
Athènes	17,2	0,406	0,40	0,258	53	15	52
Carthagène	17,0	0,340	0,41	0,224	46	12,6	44
Peak Hill (Australie Occ.).	22,5	0,250	0,31	0,139	28	7,7	27

N. B. Les valeurs relatives sont calculées respectivement par la formule

$$\frac{\text{Valeur absolue correspondant à la Station}}{\text{Valeur correspondant à Paris}} \times 100.$$

Le tableau ci-dessus permet de conclure à un parallélisme remarquable entre les deux grandeurs, conduisant à une interprétation plus rigoureuse de l'indice d'aridité. Plutôt qu'une caractéristique de la sécheresse du milieu, celui-ci apparaît comme une mesure de l'activité de la pluie dans un milieu donné. Ce lien, mis ainsi en évidence, confère à nos résultats une portée plus générale encore en les faisant bénéficier des corrélations géographiques à l'actif de l'indice d'aridité.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Caractères anatomiques d'un Batracien oligocène de la Limagne, le* Prodiscoglossus Vertaizoni nov. gen. nov. spec. Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

La systématique des Batraciens anoures (*Salientia*), en grande partie basée sur l'ostéologie, semble, au premier abord, faciliter la classification des formes disparues, dont les ossements sont, le plus souvent, les seuls témoins de leur existence. Cependant, en raison sans doute de la fragilité de leur squelette, les Anoures fossiles sont assez peu connus. Signalés, semble-t-il, dès la fin de l'époque primaire [*Pelion* du Carbonifère de l'Ohio (U. S. A), R. L. Moodie, 1914] et au début de l'époque secondaire (*Proanoures* du Trias de Madagascar, J. Piveteau, 1936), ils sont déjà très évolués, au Jurassique, en Espagne (L. M. Vidal, 1901) comme en Amérique du Nord (O. C. Marsh, 1887); et, à partir de l'époque tertiaire, ils rentrent tous dans les familles actuelles.

J'ai eu, au cours d'une mission du Muséum, l'occasion d'étudier, à l'Université de Clermont-Ferrand, un grand Batracien du Stampien (Oligocène supérieur) de la Limagne (Vertaizon, Puy-de-Dôme). Les restes inclus dans la roche calcaire appartiennent à deux individus au moins, dont l'un est particulièrement net. L'urostyle montre qu'il s'agit d'Anoures adultes. Les vertèbres opisthocèles et la présence de côtes placent le fossile de Vertaizon dans le sous-ordre des Opisthocèles (G. K. Noble, 1922). La vertèbre sacrée, non fusionnée au coccyx, les vertèbres présacrées, au nombre de huit, et la mâchoire supérieure, dentée, en font un Discoglossidé, car on ne peut tenir compte de la ceinture scapulaire, en mauvais état de conservation.

Par la forme opisthocèle de leurs vertèbres et la présence de côtes, les *Discoglossidæ* constituent un groupe archaïque d'Anoures (G. K. Noble, 1922). Parmi les genres de l'Ancien Monde encore actuels, il faut citer le *Discoglossus*, l'*Alytes* et le *Bombinator* (1).

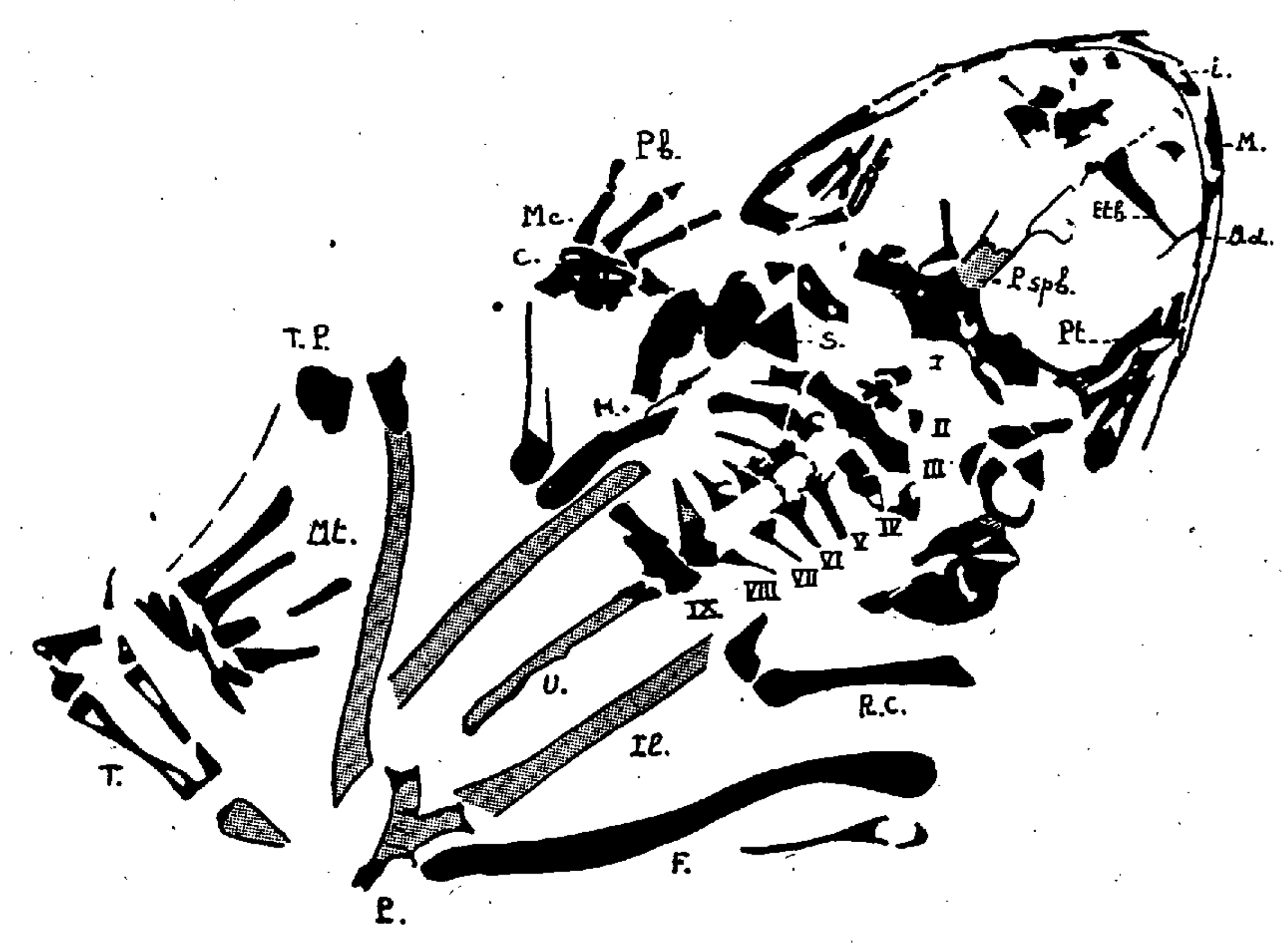
Chez notre fossile, les apophyses transverses des 2e, 3e et 4e vertèbres, comme chez les formes vivantes, supportent les courtes côtes; la 3e paire semble la plus allongée, de même que chez l'*Alytes* (alors que c'est la 2e dans les autres genres). Le fossile de Vertaizon, vu par sa face ventrale, ne présente pas trace du *processus recurvatus costæ secundæ*, ni des diapophyses divergentes de l'urostyle, seulement visibles du côté dorsal. Il s'éloigne du *Bombinator* par son urostyle à deux condyles articulaires (au lieu d'un seul) et se rapproche du *Discoglossus* par la brièveté des os de ses membres antérieurs (du radio-cubitus, surtout) et sa grande taille (10cm, environ). Il diffère, cependant, de ce dernier, par les proportions plus considérables de la tête qui atteint, comme chez l'*Alytes*, le tiers de la longueur totale, et la forme des diapophyses de la dernière vertèbre présacrée,

---

(1) M. F. Angel, du Muséum, a mis à ma disposition les Batraciens de comparaison indispensables à cette étude.

Outre les trois genres de l'Ancien Monde que je cite et dont j'ai pu étudier des exemplaires, on rattache aux *Discoglossidæ* le *Barbourula* des Iles Philippines, le *Liopelma* de Nouvelle-Zélande et l'*Ascaphus* d'Amérique du Nord, ces deux derniers formant le groupe des *Liopelmidæ*, qu'on détache parfois aussi des *Discoglossidæ sensu stricto*.

nettement dirigées vers l'avant, de même que chez le *Bombinator* et beaucoup d'autres Anoures, et non plus ou moins transversales, comme chez le Discoglosse.



Prodiscoglossus Vertaizoni nov. gen. nov. spec. (Batraciens anoures — *Discoglossidæ*) du calcaire stampien (oligocène supérieur) de Vertaizon (Puy-de-Dôme). Collection Constancia (1896) du Laboratoire de Géologie (Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand). Les os sont en noir, les empreintes, en grisé. Ces restes semblent appartenir à un même sujet, vu par sa face ventrale. *i.*, intermaxillaire; M., maxillaire supérieur; Psph., parasphénoïde; Eth., éthmoïde; Pt., ptérygoïde; Md., mandibule; I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, vertèbres présacrées (noter les courtes côtes au niveau des vertèbres II, III et IV); IX, vertèbre sacrée; U., urostyle (vertèbres coccygiennes soudées); S., scapulum; H., humérus; R. C., radio-cubitus; C., carpe; Mc., métacarpiens; Ph., 1res phalanges; P., ischio-pubis; Il., ilion; F., fémur; T. P., tibio-péroné; T., tarse; Mt., métatarsiens. Grandeur naturelle environ.

En raison de ces caractères, je donne au fossile de la Limagne le nom générique de *Prodiscoglossus* et, afin de rappeler le gisement d'où il provient, le nom spécifique de *Vertaizoni*.

Le genre *Batrachus* de M. Pomel (¹), avec une tête volumineuse, un maxillaire supérieur denté, et des membres antérieurs très courts, rencontré dans l'Oligocène supérieur du Bassin de la Loire, à Langy, Cournon et Chaufours, de position douteuse, d'après K. A. von Zittel (1893), pourrait être identique au *Prodiscoglossus*.

Le *Discoglossus* a été signalé dans le Miocène inférieur du Bassin de Mayence, l'*Alytes*, dans la lignite de Rott (sans doute d'âge miocène moyen), des formes éteintes du groupe, le *Pelophilus* et le *Latonia*, dans le Miocène supérieur d'Œningen.

Le grand Anoure de Vertaizon, le plus ancien des *Discoglossidæ* connus, synthétise donc, en quelque sorte, les principaux caractères morphologiques des genres encore actuels de l'Ancien Monde.

(¹) *Catalogue méthodique et descriptif des Vertébrés fossiles découverts dans le bassin hydrographique supérieur de la Loire*. Paris, 1854, pp. 129 à 131.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence d'un activateur naturel de la synthèse des esters phosphoriques par les phosphatases.* Note de MM. **Jean Roche**, **Nguyen-van Thoai** et Mlle **Éliane Danzas**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les travaux de H. D. Kay [1], de J. Courtois [2] ont montré que les phosphatases réalisent à la fois la synthèse et l'hydrolyse des esters phosphoriques; néanmoins divers auteurs, entre autres H. von Euler, admettent que des enzymes particuliers, dits *phosphatèses,* catalysent spécifiquement la première de ces réactions. Nous avons entrepris des recherches dans le but de préciser la valeur de cette hypothèse.

Les faits que nous avons observés peuvent être résumés ainsi :

Lorsque 10^{cm^3} d'un extrait de muqueuse intestinale de Chien, obtenu par macération *pendant une heure à* 25° d'une partie de tissu dans cinq parties d'eau, sont mis en présence de $1^g,30$ de phosphate disodique (PO^4Na^2H, $12\,H^2O$) et de 16^{cm^3} de glycérol, le mélange est le siège à 37° d'une synthèse rapide de glycérophosphates (mélange des dérivés α et β avec prédominance du premier). En 36 à 48 heures, le système atteint un équilibre correspondant à l'estérification de 35 % des phosphates initialement présents. Il en va tout autrement si la même expérience est réalisée avec une quantité moindre de ceux-ci. Lorsque le milieu ne renferme que $0^g,90$ PO^4Na^2H, $12\,H^2O$, environ 30 % des phosphates s'estérifient en 36 heures. Par la suite, une fraction des glycérophosphates formés s'hydrolyse, en sorte que, 60 heures après le début de l'expérience, 20 à 22 % du radical phosphorique seulement demeurent combinés au glycérol, après quoi la synthèse reprend avec une extrême lenteur.

Ces phénomènes ont été observés non seulement avec la phosphatase *alcaline* de l'intestin à pH 9,2, mais aussi, à pH 5,6, avec la phosphatase *acide* extraite du foie ou des amandes douces (macération d'une heure dans l'acide acétique N/30) [3]. Ils peuvent être interprétés de deux manières. Ou bien il existe un enzyme synthétisant spécifique, dont l'inactivation spontanée, survenant avant que l'équilibre soit atteint, provoque l'hydrolyse partielle des esters formés antérieurement. Ou bien les préparations renferment un activateur de la synthèse des esters, peu actif sur l'hydrolyse de ces corps, et dont la destruction va nécessairement de pair, dans le système en évolution, avec le dédoublement d'une partie des glycérophosphates présents. La seconde de ces hypothèses est en accord avec les faits suivants.

Les préparations de phosphatases *acide* (amandes douces, foie) ou *alcaline* (intestin) deviennent pratiquement inactives sur la synthèse des esters phosphoriques lorsqu'elles ont été dialysées pendant 4 jours à 37°, opération après laquelle elles conservent un fort pouvoir hydrolytique. Or les solutions

---

(1) *Biochem. Journ.*, 22, 1928, p. 855.

(2) *J. Pharm. et Chim.*, 29, 1939, p. 433.

(3) Dans ces expériences, le phosphate disodique a été remplacé par le mélange de $0^g,80$ PO^4NaH^2, H^2O et de $0^g,20$ PO^4Na^2H, $12\,H^2O$.

enzymatiques ainsi traitées récupèrent une activité synthétisante importante lorsqu'on leur ajoute de petites quantités de leur dialysat concentré à 40° sous pression réduite ([4]), lequel est dépourvu de propriétés enzymatique. Par ailleurs, la phosphatase *alcaline* du rein purifiée par la méthode de H. et E. Albers ([5]), très active sur l'hydrolyse des glycérophosphates, ne l'est pas sur leur synthèse; en revanche elle catalyse cette réaction en présence du dialysat des extraits intestinaux préparé dans les conditions décrites plus haut. Il en est de même pour les enzymes *acides* bruts du foie et des amandes douces dialysés pendant 4 jours à 37° et pour l'émulsine purifiée (Hérissey).

L'activateur dialysable est détruit par l'autolyse des organes et par la conservation à 37° des extraits de tissu. Il est également actif sur toutes les phosphatases *acides* ou *alcalines* étudiées, qu'il provienne du foie, de l'intestin ou des amandes douces; il ne présente donc aucune spécificité d'origine. Il est précipité de ses solutions par l'acétone, par l'acétate de plomb et régénéré de sa combinaison saturnine par H^2S. Un chauffage de 5 minutes à 100° détruit son activité ([6]).

Conclusions. — Les phosphatases à optimum d'action acide (foie, amandes douces) ou alcalin (intestin, rein) catalysent aussi bien la synthèse que l'hydrolyse des esters phosphoriques. La première de ces réactions est activée beaucoup plus fortement que la seconde par un produit naturel se détruisant en 36 à 48 heures, à 37°, dans les extraits d'organe, dont nous avons pu la séparer par dialyse. En présence de cet *activateur de synthèse* et à des concentrations élevées en phosphates alcalins, il est possible d'atteindre en 36 à 48 heures un équilibre correspondant à l'estérification de 35 % des phosphates ([7]). Dans les milieux plus pauvres en ceux-ci, la destruction spontanée de l'activateur a lieu avant que le système soit en équilibre, ce qui provoque l'hydrolyse d'une partie des esters phosphoriques initialement formés. De toute manière, les particularités de la synthèse enzymatique de ces corps *in vitro* ne doivent par être attribués à l'existence d'une phosphatèse spécifique de cette réaction.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m. A. Lx.

([4]) Le produit de la dialyse à 4° des extraits d'organes est dépourvu d'activité à cet égard, sans doute parce que l'effecteur des phosphatases est libéré par un processus enzymatique évoluant à 37°, mais non à 4°.

([5]) *Zeits. physiol. Chem.*, 232, 1935, p. 189.

([6]) Il ne saurait, de ce fait, être assimilé aux effecteurs minéraux de la synthèse phosphatasique des esters, réaction dont nous avons constaté qu'elle est fortement activée par les ions Mg^{++} (1.10^{-3} SO^4Mg) et Mn^{++} (1.10^{-3} SO^4Mn) et très faiblement par Zn^{++} (1.10^{-3} SO^4Zn).

([7]) Un tel équilibre n'est atteint que beaucoup plus lentement (de 6 à 22 jours dans les travaux antérieurs) en présence de préparations enzymatiques obtenues par macération aqueuse *prolongée* des tissus; l'activateur étant alors partiellement ou totalement détruit par l'autolyse.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 DÉCEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Élie Cartan** est élu Vice-Président pour l'année 1945 par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Robert Bourgeois** et **Gabriel Bertrand**, par la majorité absolue des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 13 décembre au lieu du lundi 11, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La cristallisation des substances en solutions étendues sur le mercure.* Note de M. **Henri Devaux**.

J'ai montré qu'une très petite quantité d'une solution d'une substance quelconque dans l'eau tend à s'étendre sur le mercure, en donnant une lame monomoléculaire dans laquelle chaque molécule est entourée d'une couronne de molécules d'eau (¹).

Si, au lieu d'une quantité très petite de la solution aqueuse, on emploie une gouttelette pouvant donner une lame épaisse de plusieurs molécules, il arrive souvent que la substance abandonnée par l'évaporation de l'eau donne des cristaux distincts, dont l'étude m'a paru intéressante, spécialement avec le sulfate de cuivre, le sulfate de zinc et le sulfate de fer, où les phénomènes sont particulièrement nets.

Par un tube capillaire, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, une gouttelette de 10 à 20^{mm^3} est déposée sur une surface de mercure récemment

---

(¹) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 588.

nettoyée. Elle s'étend aussitôt en une belle nappe épaisse présentant d'abord au centre les anneaux d'interférence. A mesure que l'eau s'évapore, il apparaît, en de nombreux points des parties épaisses de la lame, des disques cristallins très délicats, en forme de houppes plates extrêmement fines, qui flottent et grandissent aux dépens de la nappe liquide. A mesure qu'ils deviennent plus grands, d'autres très petits apparaissent entre eux, montrant que des germes nouveaux se déposent sans cesse. Tous ces disques arrivent bientôt à se toucher et à constituer un élégant carrelage de polygones cristallins, autour duquel les parties minces du voile restent indéfiniment sans cristalliser.

En employant des solutions plus diluées ou de plus petites gouttes, on obtient des disques de plus en plus minces, et à la fin ils sont difficiles à percevoir, même en éclairage punctiforme. Mais, si l'on augmente l'épaisseur de la lame encore fluide, en rétrécissant artificiellement la surface générale, chaque disque presque invisible prend une bordure éclatante qui le fait apercevoir aussitôt. Et il arrive souvent alors que des auréoles brillantes se font voir dans les régions de la lame où l'on ne soupçonnait pas l'existence de disques cristallins. On les rend aussi très visibles par l'action de l'air humide ou de l'haleine, qui altère les cristaux en les rendant fuligineux et bleuâtres ou rougeâtres.

Ces faits prouvent que la cristallisation du sulfate de cuivre s'effectue encore sous une épaisseur extrêmement faible, ne comprenant sans doute qu'un petit nombre de molécules, et la détermination de cette épaisseur devient un problème intéressant à résoudre.

Mes expériences antérieures, faites en particulier sur les solutions de sulfate de cuivre, m'avaient en effet démontré qu'en épaisseur monomoléculaire les solutions de substances étendues sur le mercure, en perdant de l'eau et étant resserrées, prennent l'état visqueux plus ou moins solide, mais ne cristallisent jamais [2]. Ici il est facile de s'assurer que la région incristallisable, qui occupe la marge des nappes de cristaux, est monomoléculaire. Un petit rectangle délimité dans cette région, dilaté puis comprimé en air humide, devient en effet rigide quand on diminue légèrement sa surface pour rendre les molécules jointives.

Un rectangle analogue, délimité aussi entre deux barrières mobiles, mais choisi dans la région cristalline, étant soumis à l'influence d'une buée et d'une forte extension, montre l'émiettement des cristaux puis leur dissolution, avec constitution finale d'une lame monomoléculaire beaucoup plus étendue que la portion rectangulaire du voile primitif. Le rapport entre la surface nouvelle ainsi établie et la surface du rectangle primitif représente évidemment le nombre d'assises moléculaires que comprenait la nappe cristalline. Ce nombre, qui atteint 40 couches dans les parties épaisses, descend à 5 ou 10 couches et même

---

(2) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 66, 1943, pp. 1-28.

moins dans les parties minces, spécialement dans la bordure des nappes cristallines.

Les sels de divers métaux ont donné des résultats semblables à ceux obtenus avec le sulfate de cuivre, principalement les sulfates de zinc, de fer, de magnésium, de sodium etc. Les lames formées par une gouttelette de ces solutions ont montré constamment les deux zones, une zone de cristaux dans les parties épaisses et une zone sans cristaux dans les parties minces, lesquelles sont toujours monomoléculaires dans leurs régions les plus minces. Le passage de la région monomoléculaire amorphe à la région cristalline est du reste très brusque; les dernières houppes de cristaux montrent un arrêt complet sur la limite, quoique en contact direct avec de la substance concentrée et fluide.

Quelle est la cause de ce fait intéressant? On serait tenté de supposer que c'est la place qui manque, tout arrangement des molécules en édifice cristallin demandant un espace minimum. Mais il arrive souvent que, même sur cette limite, l'épaisseur de la zone cristalline dépasse 10 ou même 20 diamètres moléculaires, ce qui paraît beaucoup comme espace nécessaire.

En réalité, la véritable cause réside dans une altération du voile dans toutes les régions minces; ce voile y est devenu entièrement insoluble, sans doute par adsorption à la surface du mercure. C'est le phénomène signalé déjà et dont on peut avoir ici une démonstration frappante en soumettant une lame à centre cristallisé à l'action de l'air humide ou même d'une buée. On constate alors que tout ce qui est cristallin se fluidifie par dissolution dans l'eau déposée, tandis que tout ce qui est mince et non cristallisé reste insoluble et rigide par compression.

Si l'on remet alors la lame à l'air libre, les parties fluidifiées subissent une nouvelle cristallisation, tandis que les parties minces restent inertes et incristallisables.

Le renouvellement de la cristallisation des parties épaisses est du reste de plus en plus entravé, parce que, sous l'influence de l'eau, des portions croissantes de la substance deviennent à leur tour insolubles et incristallisables. *L'épaisseur limite de développement* des cristaux dans une lame polymoléculaire est donc variable; elle dépend de l'âge de cette lame et de l'humidité ambiante.

Les faits signalés ici apportent de nouvelles preuves de l'existence des réarrangements moléculaires dans les couches superficielles et font soupçonner l'importance de ces réarrangements.

CORRESPONDANCE.

MM. **Alphonse Baudouin** et **Maurice Loeper** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. *Charles Achard*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur un procédé de traduction analytique de propriétés arithmétiques.* Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Élie Cartan.

De nombreuses propriétés arithmétiques peuvent être rattachées à une condition d'extremum. Ainsi, N étant quelconque, pour que p entier, inférieur à N soit premier, il faut et il suffit que, posant

$$y = \cos \pi x \cos \pi \frac{p}{x},$$

le maximum de y^2 dans l'intervalle $(2, p-1)$ soit inférieur à 1.

Une étude plus approfondie montre que y^2 doit rester inférieur à α^2, avec $\alpha = \sqrt{1 - N^{-6}}$, la différence $\alpha^2 - y^2$, toujours positive pour p premier, devenant négative sur certains intervalles dans le cas contraire. Exprimer que p est premier revient à exprimer, par une condition où p figure seul, que $\alpha^2 - y^2$ n'est jamais négative pour $2 \leqq x \leqq p-1$. Parmi les procédés permettant d'exprimer qu'une fonction ne change pas de signe dans un intervalle ou dans un domaine, nous utiliserons le suivant, qui se généralise pour un nombre quelconque de variables. Pour que $f(x)$ ne devienne jamais négative dans (a, b), il faut et il suffit que

$$\int_a^b f(x)\, e^{-kf(x)}\, dx > 0 \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots);$$

nous avons ainsi une infinité de conditions, mais, dans de nombreux cas, les renseignements déjà possédés sur f permettront de les réduire à une seule. En appliquant au problème précédent on aboutit au théorème : Pour que $p < N$ soit premier, il faut et il suffit que l'on ait simultanément

$$\int_2^{p-1} (\alpha - y)\, e^{ny}\, dx > 0 \qquad \text{et} \qquad \int_2^{p-1} (\alpha + y)\, e^{-ny}\, dx > 0,$$

α, N, y ayant le même sens que ci-dessus, et n étant un nombre unique pris arbitrairement parmi ceux qui satisfont à

$$n > 2N^6 \operatorname{Log}(8N^{14}).$$

Des raisonnements analogues s'appliqueraient à

$$u = \cos \pi x \cos \pi \frac{(p-1)!}{p} x \qquad (1 \leqq x \leqq p-1)$$

(p premier équivaut à $u^2 < 1$). Des considérations du même genre permettraient d'obtenir des conditions traduisant la propriété pour deux ou plusieurs nombres d'être premiers entre eux, etc. Pour donner un autre exemple de cette

méthode, nous allons l'appliquer au *théorème de Fermat*. Il équivaut à

$$(\mathcal{E})\qquad F - m \equiv F - 64^{-1} n^{-2} N^{-4n+2} \equiv \sin^2 \pi x + \sin^2 \pi y + \sin^2 \pi z + (x^n + y^n - z^n)^2 - 64^{-1} n^{-2} N^{-4n+2} > 0;$$

dans tout domaine D défini par

$$1 \leqq x \leqq N, \qquad 1 \leqq y \leqq N, \qquad 1 \leqq z \leqq N.$$

($\mathcal{E}$) équivaut à

$$\int_D (F - m)\, e^{-hF}\, dV > 0,$$

où h désigne un nombre unique très grand pris arbitrairement parmi ceux qui satisfont à

$$h > 128 n^2 N^{4n-2} \log\{16 \times 3072^3 n^{11} N^{22n-13} \times (N-1)^3 [3 + 4N^{2n}]\}$$

(résultat suceptible d'être amélioré, donné à titre d'indication).

Remarques. — 1° Soient $f(x)$ une fonction continue quelconque et ϖ_k le quotient de

$$\int_a^b f(x)\, e^{-kf(x)}\, dx \qquad \text{par} \qquad \int_a^b e^{-kf(x)}\, dx;$$

on montre facilement que ϖ_k tend vers le minimum absolu de f dans (a, b) pour k tendant vers $+\infty$. Ce résultat s'étend au cas d'un nombre quelconque de variables et comporte d'autres généralisations.

2° Reprenons une condition telle que

$$g \equiv x^2 - \cos^2 \pi x \cos^2 \frac{\pi p}{x} > 0$$

traduisant la propriété que p soit premier. On en tire

$$I(\varphi) = \int_2^{p-1} g \varphi^2\, dx > 0.$$

Cette inégalité peut, dans une certaine mesure, être considérée comme une conséquence du fait que p est premier. Il y a là l'indication d'une méthode de recherche des propriétés des nombres premiers, moyennant un choix convenable des fonctions φ, et cette méthode serait applicable à beaucoup d'autres questions. Ainsi il pourrait être intéressant de rechercher, par ce procédé, des conséquences du *théorème de Fermat*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie des masses et son application à la géométrie des coniques et aux intégrales multiples*. Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Paul Montel.

Soit S, un système plan de masses m_i appliquées aux points $P_i(x_i, y_i)$, admettant une ellipse centrale d'inertie de Culmann e dont l'ellipse conjuguée

sera désignée par ε (c'est une conique imaginaire); le centre d'inertie est un point O du plan. Nous posons

$$\Sigma m_i = \mathrm{M},$$

M, O, e, ε sont les éléments fondamentaux d'inertie.

Deux systèmes rigides qui ont mêmes éléments fondamentaux d'inertie sont *dynamiquement équivalents*.

1° Nous avons précédemment démontré que tout système S pouvait être remplacé par un système dynamiquement équivalent, composé de trois masses ponctuelles μ_i, appliquées aux sommets d'un triangle A_i, *conjugué par rapport à la conique* ε $(i = 1, 2, 3)$.

2° Étant donnée une conique $f(x, y) = 0$, C, dans le plan du système S, et un système σ, dynamiquement équivalent, formé de masses μ_i aux points ξ_i, η_i, on a

$$\Sigma m_i f(x_i, y_i) = \Sigma \mu_i f(\xi_i, \eta_i).$$

3° De 1° et 2°, on conclut aisément que la relation

$$\Sigma m_i f(x_i, y_i) = 0$$

est la condition nécessaire et suffisante pour que la conique C soit harmoniquement circonscrite à la conique ε.

Il suffit, pour le voir, de prendre deux sommets du triangle sur la conique C, ce qui est toujours possible.

4° Certains théorèmes relatifs aux coniques harmoniquement inscrites peuvent, grâce au théorème 3°, se démontrer très simplement.

5° Les indicatrices d'inertie de Culmann permettent d'étendre à des systèmes S de masses affectées de signes, les notions de moment d'inertie et de conique centrale d'inertie.

La conique centrale d'inertie peut alors être une hyperbole; nous continuons à désigner par ε l'hyperbole conjuguée.

Soit maintenant l'intégrale double $\iint_{\mathrm{D}} f(x, y)\, dx\, dy$, étendue à un domaine D considéré comme une aire homogène, possédant une conique ε que nous savons déterminer.

Il résulte des articles précédents que *cette intégrale est nulle pour tout domaine possédant une conique* ε *harmoniquement inscrite dans la conique* $f(x, y) = 0$.

6° Soit $\Phi(x, y)$ une fonction quelconque, conservant une valeur finie dans l'étendue du domaine; nous la considérons comme donnant la densité locale au point (x, y).

Le domaine n'a plus une densité uniforme, mais nous pouvons encore déterminer sa conique ε conjuguée de la conique centrale d'inertie, nous avons cet énoncé :

L'intégrale $\iint_D \Phi(x, y) f(x, y)\, dx\, dy$ *est nulle si la conique* ε *est harmoniquement inscrite dans la conique* $f(x, y) = 0$.

A noter pour 5° et 6° qu'il n'est pas nécessaire que le domaine D soit d'un seul tenant; il peut être constitué de parcelles isolées les unes des autres.

7° Il existe, pour les intégrales $\iiint_V \Phi(x, y, z) f(x, y, z)\, dx\, dy\, dz$ et $\int_L \Phi(x) f(x)\, dx$, des énoncés analogues à celui du paragraphe 6.

Pour l'intégrale ordinaire, $f(x)$ est un trinome du second degré; la conique ε est décomposée en deux points imaginaires qui forment, avec les points d'abscisses x_1 et x_2 (racines du trinome), une division harmonique : L est le segment de l'axe des abscisses sur l'étendue duquel on effectue l'intégration.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le problème du coin d'huile.*
Note de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Henri Villat.

Le lecteur rétablira la figure d'après les indications suivantes :

Le plan horizontal xoy, matérialisé par une bande de glace bien polie, mouillée d'huile, se meut parallèlement à ox, dans le sens de sa longueur, avec la vitesse $-U_0$.

Une glace rectangulaire, de largeur assez grande et de longueur a, est immobile au-dessus de la bande et très près d'elle, dans une position faiblement inclinée limitant un film d'huile, en forme de coin, d'épaisseur h_0 pour $x = 0$ et h_a pour $x = a$ $(h_a > h_0)$.

Soit α l'angle des deux plans; l'épaisseur correspondant à l'abscisse x est $h = h_0 + \alpha x$.

La pression p et la vitesse, de composantes u suivant ox et w suivant oz, sont régies par les équations

$$(1)\qquad \frac{\partial p}{\partial x} = \eta\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right), \qquad \frac{\partial p}{\partial z} = \eta\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right),$$

auxquelles il faut joindre l'équation de continuité

$$(2)\qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0.$$

Le frotteur rectangulaire est assez large, ou encore muni de joues étanches, de telle sorte que la coordonnée y n'intervient pas.

Suivant une remarque connue [1], il résulte de ces équations que la pression p doit être harmonique. En effet, en dérivant les équations (1) respectivement par rapport à x et z, puis ajoutant en tenant compte de (2), il vient identiquement $(\partial^2 p/\partial x^2) + (\partial^2 p/\partial z^2) = 0$.

---

[1] H. Villat, *Leçons sur les fluides visqueux*, p. 121.

Or, la solution d'O. Reynolds [2] est obtenue à partir des équations (1) en admettant que $\partial^2 u/\partial x^2$ est négligeable par rapport à $\partial^2 u/\partial z^2$, et que la pression p est seulement fonction de x et non de z. Il résulte de ces simplifications les valeurs suivantes de p et de u

$$(3) \qquad p - \mathrm{H} = -\frac{6\eta u_0}{\alpha h_0}\,\frac{h-h_0}{h}\left(1 - \frac{h_m}{2h_0}\,\frac{h+h_0}{h}\right),$$

$$(4) \qquad u = u_0\,\frac{z-h}{h}\left(1 - 3z\,\frac{h-h_m}{h^2}\right),$$

dans lesquelles H représente la pression atmosphérique et h_m l'épaisseur du film correspondant au maximum de pression $h_m = 2h_0 h_a/(h_0 + h_a)$.

On peut donc reprocher à la solution (3) de ne pas être harmonique. D'ailleurs p, étant seulement fonction de x, serait alors du premier degré. Cependant ces expressions de p et de u semblent bien représenter les phénomènes réels. Il y a lieu, afin d'éclairer cette divergence apparente, tout d'abord de calculer les ordres de grandeur respectifs des deux termes $\partial^2 u/\partial z^2$ et $\partial^2 u/\partial x^2$.

On trouve immédiatement

$$(5) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = -6u_0\left(\frac{1}{h^2} - \frac{h_m}{h^3}\right).$$

Pour calculer $\partial^2 u/\partial x^2$ il est commode d'utiliser la remarque suivante :

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial h}\,\frac{dh}{dx} = \alpha\,\frac{\partial u}{\partial h}; \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \alpha^2\,\frac{\partial^2 u}{\partial h^2};$$

il vient alors

$$(6) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{2\alpha^2 u_0 z}{h^3}\left(4 - \frac{9z}{h} - \frac{9h_m}{h} + \frac{18zh_m}{h^2}\right).$$

La comparaison des formules (5) et (6) montre que $\partial^2 u/\partial x^2$ est d'un ordre de grandeur $1/\alpha^2$ fois plus petit que $\partial^2 u/\partial z^2$. Or l'épaisseur maxima de ces lames d'huile correspondant au jeu d'un coussinet est de l'ordre du 1/10 de millimètre pour une longueur de 10^{cm}. α est donc de l'ordre du 1/1000 et α^2 du 1/100000.

Beaucoup d'approximations, utilisées couramment en physique mathématique, sont moins heureuses.

Relation entre la pression et l'effort normal. — On pourra objecter que p est une expression mathématique différente de ce que les manomètres mesurent, que l'indication de ces appareils donne l'effort normal, enfin que c'est l'effort normal N_3 parallèle à oz qui jouit de la propriété d'être fonction de x seul, et non pas la pression p.

Or les deux efforts normaux N_1 et N_3 sont reliés à la pression p par les

---

(2) *Philos. Trans. Royal Soc. London*, **201**, 1886, p. 157.

formules connues

(7) $$N_1 = 2\eta \frac{\partial u}{\partial x} - p, \qquad N_3 = 2\eta \frac{\partial w}{\partial z} - p;$$

d'ailleurs, en vertu de l'équation (2) de continuité, $\partial u/\partial x$ et $\partial w/\partial z$ ont la même valeur absolue. Or $\partial u/\partial x$ dut être calculé pour former l'expression $\partial^2 u/\partial x^2$. On trouve

(8) $$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\alpha u_0 z}{h^2}\left(-4 + \frac{6h_m}{h} + \frac{6z}{h} - \frac{9zh_m}{h^2}\right),$$

expression qui est de l'ordre de grandeur de $\alpha u_0/h_0$ et peut même s'annuler avec z, tandis que $p - H$ est de l'ordre de grandeur de $u_0/\alpha h_0$, c'est-à-dire $1/\alpha^2$ fois plus considérable (sauf tout près des extrémités où $p - H$ s'annule). Donc pression et efforts normaux se confondent au signe près. Ce que l'on mesure est bien la pression.

Des travaux en cours montreront dans quelle mesure les formules s'accordent avec les résultats des expériences.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulements laminaires dans le cas où la viscosité du fluide varie suivant le lieu.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Henri Villat.

Les équations de l'hydrodynamique des fluides visqueux s'écrivent habituellement en supposant constante la viscosité. Quand il existe de forts gradients de température (couches limites thermiques, par exemple), une telle supposition ne constitue qu'une approximation très grossière, surtout si la viscosité varie rapidement avec la température (huiles). En tenant compte de la variation de viscosité, les équations s'écrivent (fluide incompressible non soumis à des forces massiques et en régime permanent) :

(1) $$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y} + \dfrac{\partial w}{\partial z} = 0, \\ u\dfrac{\partial u}{\partial x} + v\dfrac{\partial u}{\partial y} + w\dfrac{\partial u}{\partial z} = -\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x} + \dfrac{\partial}{\partial x}\left(\nu\dfrac{\partial u}{\partial x}\right) + \dfrac{\partial}{\partial y}\left(\nu\dfrac{\partial u}{\partial y}\right) + \dfrac{\partial}{\partial z}\left(\nu\dfrac{\partial u}{\partial z}\right), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{cases}$$

1. Considérons un écoulement laminaire et permanent entre deux plaques planes et parallèles, distantes de $2h$. Les trois premières équations (1) s'écrivent (axe Ox, parallèle aux lignes de courant et équidistant des plaques, axe Oy perpendiculaire aux plaques)

(2) $$\frac{\partial u}{\partial x} = 0; \qquad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu\frac{\partial u}{\partial y}\right) = 0; \qquad \frac{\partial p}{\partial y} = 0.$$

La première équation exprime que le profil des vitesses est indépendant de x.

La troisième équation montre que la pression est constante le long de l'axe Oy. La deuxième équation peut dès lors s'écrire

$$(3)\qquad \nu\frac{\partial u}{\partial y}=\frac{y-y_m}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x},$$

où y_m est l'ordonnée correspondant au maximum de vitesse. Les hypothèses faites sur l'écoulement impliquent que ν varie, avec le site, suivant une loi de la forme $\nu=(\partial p/\partial x)\,g(y)$.

L'intégration de (3) donne

$$(4)\qquad u=\int_{-h}^{y}\frac{y-y_m}{\nu\rho}\frac{\partial p}{\partial x}dy\qquad \text{avec}\quad y_m=\frac{\displaystyle\int_{-h}^{+h}\frac{y}{\nu}dy}{\displaystyle\int_{-h}^{+h}\frac{dy}{\nu}}.$$

Le rapport des efforts tangentiels sur les deux plaques est, d'après (3),

$$(5)\qquad \frac{\tau_{-h}}{\tau_{+h}}=\frac{h+y_m}{h-y_m}.$$

2. Pour fixer une loi de variation de la viscosité avec le site, supposons les plaques maintenues respectivement aux températures θ_{+h} et θ_{-h}. Dans le plan xOy, les conditions thermiques aux limites et le profil des vitesses étant indépendants de x, il en sera de même du profil des températures, et l'équation générale de la transmission de la chaleur en régime laminaire se réduit à

$$(6)\qquad \theta=\frac{\theta_{+h}-\theta_{-h}}{2h}y+\frac{\theta_{+h}+\theta_{-h}}{2}.$$

La viscosité $\mu=\nu\rho$, qui est liée à la température par la relation $\mu=1/f(\theta)$, ne dépend, comme θ, que de y, et le gradient $\partial p/\partial x$ est constant. L'intégrale (4) peut s'écrire, en tenant compte de (6),

$$(7)\qquad \left\{\begin{aligned} u&=\frac{4h^2}{(\theta_{+h}-\theta_{-h})^2}\frac{\partial p}{\partial x}\int_{\theta_{-h}}^{\theta_{+h}}(\theta-\theta_m)f(\theta)\,d\theta\\ \text{avec}\quad y_m&=\frac{2h}{\theta_{+h}-\theta_{-h}}\left[\frac{\displaystyle\int_{\theta_{-h}}^{\theta_{+h}}\theta f(\theta)\,d\theta}{\displaystyle\int_{\theta_{-h}}^{\theta_{+h}}f(\theta)\,d\theta}-(\theta_{-h}+\theta_{+h})\right].\end{aligned}\right.$$

Dans le cas de plaques maintenues respectivement à 25° et à 50° et d'une huile dont la viscosité varie, entre ces deux températures, suivant une loi sensiblement parabolique, de 450 CGS à 71 CGS, le sommet de la courbe des vitesses, au lieu d'être sur l'axe Ox, comme dans le cas d'une viscosité constante, est déportée, vers la plaque chaude, d'une longueur égale à $7h/25$. Le rapport des efforts tangentiels sur les plaques est donc $16/9$.

3. Il est aussi aisé de traiter le cas d'un écoulement laminaire permanent

entre deux cylindres circulaires coaxiaux, de rayons r_1 et r_2 et maintenus respectivement à des températures θ_1 et θ_2. Le mouvement est régi par l'équation

$$u = \frac{\partial p}{\partial x}\,\frac{1}{C}\left[e^{-\frac{2K}{C}}\int_{\theta_1}^{\theta} e^{\frac{2\theta}{C}} f(\theta)\,d\theta - R_m^2\int_{\theta_1}^{\theta} f(\theta)\,d\theta\right],$$

où C, K et R_m sont des constantes qui se calculent graphiquement si l'on construit les courbes $1/\mu = f(\theta)$ et $e^{2\theta/C} f(\theta)$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la théorie du nucléon; le spin isotopique et les forces nucléaires.* Note (¹) de M. **Jean-Louis Destouches.**

1. Dans des travaux antérieurs j'ai montré que le principe de relativité et le principe d'inertie conduisaient à associer à chaque corpuscule simple un certain nombre d'opérateurs qui sont les générateurs d'un anneau dit *anneau fondamental*; ces opérateurs sont liés par un système d'équations dit *système fondamental* (²). L'hamiltonien est de la forme

$$\mathbf{H} = \mathbf{A}_1\,\partial_x + \mathbf{A}_2\,\partial_y + \mathbf{A}_3\,\partial_z - \frac{i}{\hbar}\,c\,\mathbf{M}\mathbf{A}_4.$$

M est appelé *opérateur de masse*; un corpuscule est à *masse simple* si $\mathbf{M} = m$, *à masse multiple* si **M** a plusieurs valeurs propres m_i; j'ai considéré ailleurs de tels corpuscules (³).

A chaque solution de ce système correspond un type possible de corpuscule. Les différents types peuvent être classés suivant les valeurs propres des opérateurs fondamentaux, notamment de l'opérateur de masse et des opérateurs de spin. Le type le plus simple est celui de l'électron de Dirac. M. Robert Murard (⁴) a étudié diverses solutions du système fondamental; l'une d'elles paraît susceptible de représenter adéquatement le nucléon (c'est-à-dire le proton et le neutron).

En effet le nucléon est un corpuscule à masse double : m_p dans l'état proton, m_n dans l'état neutron. Si le spin isotopique, introduit d'une manière formelle par M. Heisenberg, a une signification physique, cette signification doit être liée au caractère double de la masse, et les opérateurs de spin isotopique doivent apparaître automatiquement lors de l'étude de l'anneau fondamental. Cette hypothèse se confirme par le fait que l'opérateur **M** s'exprime par une matrice de rang 2 et qu'une base de l'anneau de ces matrices est fournie par les matrices $\mathbf{1}, \boldsymbol{\tau}_x, \boldsymbol{\tau}_y, \boldsymbol{\tau}_z$, ces trois dernières étant celles de Pauli et utilisées par Heisenberg pour représenter le spin isotopique. C'est bien ce que prouvent les calculs de

(¹) Séance du 1er mai 1944.

(²) *Principes fondamentaux de Physique théorique*, III, Paris, 1942, p. 757.

(³) J.-L. Destouches, *Les électrons lourds* (*Actual. scient.*, fasc. 729, Paris, 1938).

(⁴) Voir la Note ci-après.

M. Murard en montrant que l'anneau fondamental se décompose en le produit de l'anneau des α de Dirac par l'anneau de masse (matrices de rang 2). Ainsi *le spin isotopique résulte du caractère double de la masse et apparaît sur l'anneau fondamental d'un corpuscule élémentaire de masse double;* de ce fait il a une signification physique.

Une équation d'ondes pour le nucléon s'obtient donc comme conséquence de ma théorie générale des corpuscules.

2. Habituellement on rattache le spin isotopique à la charge, mais ceci n'est pas satisfaisant, car la charge n'est pas une propriété aussi primitive que la masse (la masse figure dans l'hamiltonien d'un corpuscule isolé, la charge ne se manifeste que si le corpuscule est placé dans un champ électromagnétique) et ce n'est pas la charge double, mais la masse double qui introduit des matrices de rang 2; on constate que les conditions d'invariance relativiste permettent autant de valeurs de la charge que de valeurs de la masse, avec des valeurs qui demeurent indéterminées. L'opérateur de charge $\mathbf{q}$ s'exprime donc au moyen de l'anneau de masse. Pour obtenir le nucléon il faut ajouter, à l'hypothèse de la masse double, le fait que, dans l'état massique m_p, la charge est $+e$ et que, dans l'état massique m_n, la charge est 0; d'où les opérateurs $\mathbf{M}$ et $\mathbf{q}$

$$\mathbf{M} = \frac{1}{2}[(m_p + m_n)\mathbf{1} + (m_p - m_n)\boldsymbol{\tau}_z)], \qquad \mathbf{q} = \frac{e}{2}(\mathbf{1} + \boldsymbol{\tau}_z).$$

3. Les corpuscules obtenus par fusion suivant la méthode de M. Louis de Broglie n'ont pas des opérateurs fondamentaux qui satisfont au système fondamental, et se comportent comme des systèmes fondus. On a ainsi un critère pour distinguer les corpuscules complexes des corpuscules élémentaires. On parvient ainsi à un atomisme absolu indépendant des procédés de morcellement envisagés.

Le spin est défini habituellement comme un opérateur qui, ajouté à l'opérateur moment-cinétique, fournit en l'absence de champ une intégrale première; mais un tel opérateur n'est pas unique (sauf dans le cas de Dirac). J'ai préféré définir le spin en liaison avec les changements d'orientation des repères (groupe des rotations); la définition est alors univoque et le spin ainsi défini, ajouté au moment-cinétique, fournit bien une intégrale première.

4. Pour un système de deux corpuscules de Dirac, l'expression que j'avais donnée autrefois ([5]) pour l'opérateur d'interaction $\mathbf{R}_0$ se montre, d'après les calculs de M. Murard, la seule acceptable sous les conditions d'invariance de la théorie relativiste des systèmes que j'ai développée; en effet aux conditions que j'ai indiquées ([6]), on doit encore adjoindre la condition $\Sigma\boldsymbol{\alpha}^{(i)}\mathbf{B}^{(i)} = \mathbf{0}$, car $\mathbf{R}_0$ est une fonction des $\mathbf{B}^{(i)}x_\mu^{(i)}$ et l'invariance n'est assurée que si $\Sigma\mathbf{B}^{(i)}\boldsymbol{\alpha}^{(i)}$ est nul; mais,

([5]) *Comptes rendus,* **204**, 1937, p. 1403; voir aussi J.-L. DESTOUCHES et S. SLANSKY, *Comptes rendus,* **217**, 1943, p. 472.

([6]) *Principes fondamentaux de Physique théorique,* III, pp. 784-787, Paris, 1942.

si $x_{\mu}^{(i)}$ est une quantité numérique, il y a commutation avec $\mathbf{B}^{(i)}$ et l'invariance exige que la condition supplémentaire soit aussi vérifiée, et celle-ci entraîne la forme indiquée pour l'opérateur $\mathbf{R}_0$. Pour des corpuscules à valeurs multiples de la masse, par exemple des nucléons, l'opérateur d'interaction est de la forme $\mathbf{R} = \Gamma\mathbf{R}_0$. Pour deux nucléons, l'opérateur d'interaction $\mathbf{R}$ de M. Murard permet de retrouver, sous forme d'actions relativistes directes entre nucléons, avec une relation entre les constantes c, des forces ayant la même forme opératorielle que celles faisant intervenir des échanges de mésons, mais elles diffèrent par la façon dont elles dépendent de la distance : pour les actions directes, la fonction $f(r)$ de la distance r est une fonction entière nulle à l'infini, par exemple e^{-kr} ou $e^{-(kr)^2}$, tandis que les forces d'échange sont de la forme e^{-kr}/r. Les actions directes entre nucléons pourraient donc suffire pour expliquer la stabilité des noyaux, mais le rayonnement β s'y oppose.

5. Si l'on considère un système formé uniquement de nucléons, les interactions sont fixées par le principe de superposition (7); la somme des spins isotopiques est une intégrale première, par suite le nombre de neutrons et de protons du système se conserve, il ne peut y avoir de radioactivité β; pour qu'il y ait radioactivité, il faut considérer un système contenant à la fois des nucléons et des mésons (qui peuvent être dans l'état d'annihilation) : on est ramené à la théorie habituelle. Mais ceci n'empêche que l'on doive tenir compte des interactions directes entre nucléons (qui agissent sur un domaine de l'ordre du rayon nucléaire comme les forces mésoniques), et l'intervention des nouvelles forces semble permettre de lever certaines des difficultés de la théorie purement mésonique. En outre une théorie relativiste du nucléon est nécessaire pour la théorie des effets produits par les rayons cosmiques.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Définition de quelques types de corpuscules; application au nucléon.* Note (1) de M. **Robert Murard**.

Dans une série d'études M. Jean-Louis Destouches a précisé les fondements de la théorie des corpuscules et systèmes de corpuscules. Chaque type de corpuscule est défini par la donnée de son anneau fondamental dont les générateurs satisfont à un ensemble de relations constituant le système fondamental (2). Par ailleurs, dans le cas d'un système de corpuscules en interaction, l'opérateur d'interaction $\mathbf{R}$ se détermine à l'aide d'un certain nombre de relations faisant intervenir les opérateurs de l'anneau fondamental des corpuscules constituants (3). Ayant poursuivi les recherches amorcées par

(7) J.-L. Destouches, *loc. cit.*, p. 792.

(1) Séance du 1er mai 1944.

(2) *Principes fondamentaux de Physique théorique*, III, Paris, 1942, p. 757.

(3) *Ibid.*, pp. 793-794-795.

M. Destouches ([4]) sur le système fondamental et la forme des opérateurs d'interaction, nous avons obtenu les résultats suivants :

1. Les nombres entre parenthèses désignant les valeurs propres des opérateurs; tout corpuscule de spin $(-1/2, +1/2)$ (spin défini au moyen du groupe des rotations) et de masse $(-m, +m)$ suit les lois d'un corpuscule de Dirac. L'opérateur d'interaction de deux corpuscules de ce type est nécessairement de la forme déjà indiquée par M. Destouches ([5])

$$\mathbf{R}_0 = f(r_{12})\left[\mathbf{1} + \vec{\alpha}^{(1)}\vec{\alpha}^{(2)}\right][\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)}]^2[\alpha_5^{(1)} + \alpha_5^{(2)}]^2,$$

où $f(r_{12})$ est une fonction entière de la distance nulle à l'infini.

2. Il n'existe pas de corpuscule de spin $(-1/2, 0, +1/2)$ et de masse $(-m, +m)$.

3. Pour tout corpuscule de spin $(-1, 0, +1)$ et de masse $(-m, +m)$, les opérateurs de l'anneau fondamental satisfont aux mêmes relations algébriques que ceux d'un corpuscule de Dirac, à l'exception des opérateurs de spin, qui sont de la forme

$$\mathbf{s}_{jk} = \sigma_{jk} + \frac{i}{2}\alpha_j\alpha_k.$$

Les $(i/2)\alpha_j\alpha_k$ sont les opérateurs de spin d'un corpuscule de Dirac. Les opérateurs σ_{jk} satisfont entre eux aux mêmes relations de non-commutation que les précédents et peuvent être représentés par les matrices de Pauli. Ils commutent avec tous les autres opérateurs de l'anneau fondamental et sont intégrales premières. Un tel corpuscule n'apparaît pas comme physiquement distinct d'un corpuscule de Dirac; la solution ainsi trouvée est une solution parasite du système fondamental.

4. Plus généralement, les mêmes circonstances se présentent pour tous les corpuscules de masse $(-m, +m)$: on peut donc dire que tout corpuscule de masse $(-m, +m)$ suit les lois d'un corpuscule de Dirac.

5. Tout corpuscule de spin $(-1/2, +1/2)$ apparaît comme un corpuscule de Dirac ayant plusieurs états de masse possibles. L'opérateur d'interaction de deux corpuscules de ce type est de la forme $\mathbf{R} = \Gamma\mathbf{R}_0$, où Γ est un opérateur de l'anneau des opérateurs de masse permettant, pour chaque corpuscule du système, le passage d'un état de masse à un autre.

Il semble que le nucléon puisse être considéré comme un corpuscule de ce type, possédant deux états de masse : l'état de masse m_p caractériserait l'état proton, l'état de m_n caractériserait l'état neutron. L'hamiltonien d'un tel

([4]) *Journal de Physique*, 8e série, **8**, juin 1937, p. 251 et **10**, février 1939, p. 105; *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1403.

([5]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1403; J.-L. Destouches et S. Slansky, *ibid.*, **217**, 1943, p. 472.

corpuscule est

$$\mathbf{H} = -i\hbar c(\mathbf{A}_1\,\partial_x + \mathbf{A}_2\,\partial_y + \mathbf{A}_3\,\partial_z + \mathbf{C}),$$

avec, comme opérateurs fondamentaux,

$$\mathbf{A}_i = \mathbf{1}\times\alpha_i,\qquad \mathbf{C} = -\frac{ic}{\hbar}\mathbf{M}\times\alpha_4,\qquad \mathbf{M} = \begin{Vmatrix} m_p & 0 \\ 0 & m_n \end{Vmatrix},$$

$$\mathbf{T}_{jk} = -i\mathbf{s}_{jk} = \mathbf{1}\times\frac{1}{2}\alpha_i\alpha_j,\qquad \mathbf{T}_i^+ = -\mathbf{T}_i = \mathbf{1}\times\frac{1}{2}\alpha_i,\qquad \mathbf{S}_{sy} = \mathbf{1}\times\alpha_4,$$

les α_i étant les opérateurs d'un corpuscule de Dirac. L'anneau fondamental est le produit de l'anneau des α par l'anneau dont fait partie l'opérateur $\mathbf{M}$; ce dernier anneau peut être défini par les opérateurs de base

$$\mathbf{1},\quad \boldsymbol{\tau}_x = \begin{Vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{Vmatrix},\qquad \boldsymbol{\tau}_y = \begin{Vmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{Vmatrix},\qquad \boldsymbol{\tau}_z = \begin{Vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{Vmatrix},$$

et *les trois opérateurs $\boldsymbol{\tau}_x$, $\boldsymbol{\tau}_y$, $\boldsymbol{\tau}_z$ peuvent être assimilés aux composantes du spin isotopique.* L'état proton et l'état neutron correspondent respectivement aux valeurs propres $+1$ et -1 de l'opérateur τ_z.

L'opérateur d'interaction de deux corpuscules de ce type peut être précisé si l'on admet le principe suivant : *Pour un système ne contenant que des nucléons, le spin isotopique total (ou la masse totale) se conserve.* Ce principe n'est vrai que si l'on ne fait pas intervenir d'autres corpuscules susceptibles d'agir sur le système (en particulier des mésons). Alors si les deux nucléons sont tous deux dans les états proton ou neutron, ils restent dans leur état; s'il y a un proton et un neutron ils peuvent s'échanger.

Si l'on admet ce principe, on obtient pour l'opérateur d'interaction de deux nucléons la formule suivante, valable à l'approximation non relativiste,

$$\mathrm{R} = f(r_{12})\left[c + c_\sigma\vec{\sigma}^{(1)}.\vec{\sigma}^{(2)} + c_\tau\vec{\tau}^{(1)}.\vec{\tau}^{(2)} + c_{\sigma\tau}\vec{\sigma}^{(1)}.\vec{\sigma}^{(2)}\vec{\tau}^{(1)}.\vec{\tau}^{(2)}\right],$$

avec les notations de M. Louis de Broglie ([6]). Les coefficients c, c_σ, c_τ, $c_{\sigma\tau}$ sont fonctions uniquement du produit $\tau_z^{(1)}\tau_z^{(2)}$ et de la somme $\tau_z^{(1)} + \tau_z^{(2)}$.

Conclusion. — On voit que l'étude de l'anneau fondamental d'un corpuscule permet de mettre en évidence la notion de spin isotopique, et d'obtenir la forme de l'interaction directe de deux nucléons.

PHYSIQUE. — *Dérivation des courbes expérimentales.*
Note ([1]) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La dérivation est une opération extrêmement difficile. Ce n'est pas qu'il soit délicat de tracer la tangente en chaque point d'une courbe, il existe pour cela

([6]) *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du noyau*, Paris, 1943, pp. 202-204.

([1]) Séance du 20 novembre 1944.

des appareils ingénieux; mais, lorsqu'on trace une ligne au mieux à travers des points expérimentaux, on se préoccupe essentiellement de la valeur correcte qu'on attribuera aux ordonnées, et non de l'allure qui en résultera pour cette ligne. Aussi la détermination au mieux de la dérivée d'une fonction définie par des points expérimentaux ne saurait-elle être [2] la dérivée de l'expression analytique passant au mieux à travers ces points. Ceci est la condamnation des machines à dériver, puisqu'elles supposent un tracé continu préalable.

Il suffit d'une très faible retouche au tracé d'une courbe pour modifier d'une façon notable la distribution de la dérivée le long de la courbe.

La raison profonde de la difficulté, c'est qu'il n'existe aucune définition expérimentale de la dérivée. La dérivation est exclusivement une opération mathématique, portant sur une fonction bien définie; et l'on peut même observer que, si l'on peut toujours calculer mathématiquement une dérivée, on n'en fait pas moins appel à une valeur *limite* étrangère aux valeurs effectives des variables, artifice qui n'a pas d'analogue en matière expérimentale.

Nous avons montré [3] que, si l'on cherchait à calculer une valeur d'une ordonnée, régularisée par les valeurs des ordonnées voisines, la précision de l'ordonnée régularisée était notablement plus grande que la précision d'une ordonnée individuelle lorsqu'il s'agissait d'une ordonnée prise vers le milieu de l'intervalle expérimental, mais que cette précision était peu augmentée aux extrémités de l'intervalle. Corrélativement l'*allure* d'une ligne expérimentale est particulièrement incertaine à ses extrémités, et ceci explique les anomalies que l'on peut trouver faussement aux bouts de l'intervalle expérimental.

Si la courbe expérimentale à dériver est solution d'une équation différentielle, on peut avoir intérêt à faire porter les calculs non sur la fonction expérimentale, mais sur la solution de l'équation. On évite l'embarras de calculer une dérivée, ce qui n'est pas surprenant, puisqu'on utilise la donnée supplémentaire qu'est l'équation différentielle. Mais on n'évite pas l'incertitude qui pèse expérimentalement sur toute loi comportant des dérivées, car, si les intégrations empiriques ne soulèvent aucune difficulté, leurs *conséquences* sont très sensibles à de toutes petites incertitudes sur la fonction à intégrer : il n'y a pas d'artifice mathématique qui puisse corriger une imperfection physique foncière.

Il n'y a pas d'algorithme qui puisse permettre de déduire de points expérimentaux la valeur de la dérivée. Il faut donc de toute nécessité substituer à cette collection de points une loi mathématique. L'opération de dérivation restera cependant indiscutable si la dérivée calculée est *indépendante* de la loi mathématique choisie. Sur un intervalle très court, une représentation du

---

(2) Il peut arriver cependant qu'une expression judicieusement choisie ait précisément par elle-même l'allure exigée par un phénomène physique (cf. *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 329).

(3) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 983; **216**, 1943, p. 289.

second degré est certainement suffisante. Soit h l'équidistance des $(2N+1)$ ordonnées expérimentales, l'arc s'étendant de $-Nh$ à $+Nh$. Si on le représente par une expression ax^2+bx+c, la dérivée, au centre de l'intervalle, sera b. Or nous avons trouvé ([1]) une formule unique donnant la meilleure valeur de b, *indépendamment* d'un terme éventuel du 2e degré, quelle que soit, donc, la loi représentative : le calcul correct de la dérivée δ en résulte par la formule

$$(1)\quad N(N+1)h\delta = (y_{N+2}+y_{N+3}+\ldots+y_{2N}+y_{2N+1}) - (y_1+y_2+\ldots+y_{N-1}+y_N).$$

Si les ordonnées expérimentales ne sont pas équidistantes, on trouve qu'il suffit de remplacer dans cette formule $N(N+1)h$ par $\sum_{N+2}^{2N+1} x_i - \sum_{1}^{N} x_i$, les x_i étant les abscisses de ces ordonnées.

Le calcul est correct et suffisamment précis si N est assez grand, $(2N+1)h$ étant petit, c'est-à-dire si les points expérimentaux sont *très serrés*, condition absolue. S'ils sont peu serrés, il faut se résigner à diminuer beaucoup N, de manière à conserver un arc court, condition essentielle de correction.

Il est essentiel de calculer la dérivée pour tous les points successifs, afin que l'erreur affectant la dérivée au point M_i soit compensée par l'erreur affectant les points M_{i-1} et M_{i+1}. Le tracé de la courbe dérivée est alors bien déterminé.

La méthode ne s'applique qu'à partir du $(N+1)^{\text{ième}}$ point expérimental, et cesse de s'appliquer au $(N+1)^{\text{ième}}$ avant la fin de l'intervalle. Si l'on veut avoir, dans ces intervalles résiduels, une évaluation de la dérivée, il faut réduire progressivement la valeur de N, ce qui réduit fortement la précision. Nous retrouvons, sous une autre forme, ce fait déjà rencontré que l'allure d'une courbe devient imprécise aux extrémités de l'intervalle expérimental.

Du fait de l'imprécision des observations, la courbe que l'on dérive est un peu ondulée; si on lit le long d'une graduation, on peut même considérer que l'erreur est périodique, ayant pour période, quant aux ordonnées, un degré de la graduation. La période selon les abscisses est, en gros, inversement proportionnelle à la dérivée δ. On peut montrer, et l'expérience le vérifie, que le calcul de la dérivée par la formule (1) amplifie assez fortement son ondulation réelle, proportionnellement à peu près à $1:\delta^2 N^2$.

Nous avons appliqué ces considérations à la dérivation, dans le temps (en vue du calcul de coefficients de convection) de courbes de refroidissement spontané d'un corps chaud. Les températures étaient mesurées avec un thermomètre au demi-degré (pointés assez peu précis), le refroidissement total atteignant une quinzaine de degrés; mais, comme les lectures étaient au nombre d'une centaine $(N=10)$, le tracé de la courbe dérivée était défini à 0,5 % près, ce qui est excellent.

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 568.

PHOTOGRAPHIE. — *Nouvelle méthode d'étude d'une émulsion photographique. Pouvoir résolvant.* Note de M[lle] **Gaultier du Marache**, présentée par M. Aimé Cotton.

La transformation de Fourier permet d'envisager les phénomènes de diffraction à l'infini connus sous le nom de *franges de Frauenhoffer* sous un aspect simple et très général.

L'état du mouvement vibratoire dû à la propagation de la lumière à travers le plan xOy de la pupille d'un appareil d'optique est défini par une fonction

$$F(x, y) = \rho(x, y)\, e^{i\varphi(x, y)},$$

où $\rho(x, y)$ est l'amplitude et $\varphi(x, y)$ la phase. Les variables u et v définissant la direction des rayons diffractés, la figure de diffraction à l'infini est donnée par la fonction $G(u, v)$ qui se déduit de $F(x, y)$ par la transformation réciproque de Fourier

$$G(u, v) = \iint_{-\infty}^{+\infty} F(x, y)\, e^{-i2\pi(ux+vy)}\, dx\, dy,$$

$$F(x, y) = \iint_{-\infty}^{+\infty} G(u, v)\, e^{i2\pi(ux+vy)}\, du\, dv.$$

Ce théorème est dû à H. Scheffers (¹). P. M. Duffieux lui a donné des développements mathématiques, non encore publiés, qui ont suggéré la méthode d'analyse suivante.

Dans le montage que j'ai utilisé, la répartition $F(x, y)$ est fournie par un réseau placé entre un collimateur et un appareil photographique réglé sur l'infini. La fente du collimateur est éclairée en lumière monochromatique.

Dans une première expérience le réseau est constitué par l'une des glaces d'une trame de photogravure sur laquelle sont gravées des bandes noires séparées par des bandes transparentes. Puis on substitue à ce réseau sa photographie sur plaque ou film, tirée par contact sous un éclairage normal.

Le réseau original répartit l'onde lumineuse suivant une fonction réelle à une seule variable, $f_0(x)$, dont la transformée $g_0(u)$, fonction d'une variable, représente l'ensemble des spectres de différents ordres donnés par le réseau, chacun de ces spectres contenant une seule raie. Nous appelons *spectre monochromatique* du réseau l'ensemble de ces raies.

La photographie du réseau doit être comparée au réseau complémentaire du réseau original où bandes noires et transparentes sont interverties. Les spectres monochromatiques des deux réseaux ne diffèrent que par le signe des amplitudes des raies d'ordres pair.

Sur la reproduction photographique du réseau, l'irradiation crée une zone

(¹) *Ann. der Phys.*, **42**, v, 1942, pp. 211-215.

dégradée autour des bandes noires, l'émulsion est granuleuse, des irrégularités de cette émulsion créent des variations accidentelles d'absorption et des différences de marche. La photographie du réseau donne dans la pupille une répartition à deux variables

$$F'(x, y) = \rho'(x, y)e^{i\varphi(x,y)}.$$

L'amplitude $\rho'(x, y)$ peut être considérée comme la somme de deux fonctions :

1° Imaginons que l'on superpose les courbes suivant lesquelles varie le facteur d'absorption dans chacun des traits de la photographie du réseau et que l'on trace la courbe de variation moyenne. Un réseau périodique régulier R sur lequel le facteur d'absorption varierait partout suivant cette loi fournirait une distribution de l'amplitude exprimée par une fonction à une variable $\rho_1(x)$.

2° La différence entre la distribution $\rho'(x, y)$ effective et celle que donnerait le réseau R est représentée par une fonction de deux variables $\rho_2(x, y)$ qui totalise tous les défauts de la photographie :

$$\rho'(x, y) = \rho_1(x) + \rho_2(x, y).$$

La transformée $G_1(u)$ de $\rho_1(x)$ exprime le spectre monochromatique du réseau R et correspond aux raies que donne, avec le montage spectroscopique, la photographie du réseau. La transformée $G_2(u, v)$ de $\rho_2(x, y)$ correspond à de la lumière diffuse et à une déformation légère des raies.

Le facteur exponentiel $e^{i\varphi(xy)}$ est introduit par les différences de marche accidentelles. Il a pour transformée $g(u, v)$ qui représente la tache lumineuse que l'on obtiendrait dans le plan focal de l'appareil photographique en annulant le facteur d'absorption sur toute l'étendue de la photographie du réseau. La transformée $G'(u, v)$ de $F'(x, y)$, que l'on observe finalement dans ce plan focal, résulte d'une dissipation aplanétique opérée sur la somme

$$G_3(u, v) = G_1(u) + G_2(u, v),$$

la figure de dissipation étant $g(u, v)$ [2]. Cette dissipation déforme légèrement les raies et introduit de la lumière diffuse dans tout le champ. Son influence est manifestée en remplaçant la photographie du réseau par une plaque développée sans avoir été impressionnée. Dans les montages réalisés la lumière diffuse correspondant à $G(u, v)$ et à la dissipation $g(u, v)$ est très inférieure à la lumière parasite diffusée par les pièces optiques. En première approximation on peut la négliger dans l'étude des raies du réseau R.

Pour un temps de pose suffisant le spectre monochromatique du réseau original n'est limité que par le format de la chambre photographique. Je compte plus de cent raies de part et d'autre de la raie centrale d'ordre zéro. Au contraire le spectre monochromatique du réseau R moyen ne comporte

qu'un nombre limité de raies. L'abscisse de la dernière raie fournit la plus petite période reproductible par l'émulsion photographique dans les conditions où elle a été impressionnée et développée, c'est-à-dire la limite de son pouvoir résolvant ([2]). L'ensemble des raies fournit des renseignements sur les déformations de l'image dues à l'émulsion.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Calcul du champ créé par le mouvement d'une charge électrique*. Note ([1]) de M. **Émile Durand**.

Nous avons donné ([2]), sous forme de développement en série, les potentiels correspondant au champ électromagnétique créé par une charge en mouvement; nous allons donner une application de ces formules dans le cas où la trajectoire reste à l'intérieur d'un domaine spatial limité et quand on calcule les potentiels à l'extérieur de ce domaine.

Si l'on a $\sqrt{\xi_u^u} < (\sqrt{2}-1)\sqrt{x_u^u}$, on peut développer en série les puissances de r ([3])

$$r^p = [x_\nu^\nu + \xi_\nu^\nu - 2x_\nu\xi^\nu]^{\frac{p}{2}} = \mathrm{R}^p \sum_{q=0}^{q=\infty} \mathrm{C}^q_{\left(\frac{p}{2}\right)} \mathrm{R}^{-2q}.[\xi_\nu^\nu - 2x_\nu\xi^\nu]^q.$$

On a posé $\mathrm{R} = \sqrt{x_\nu^\nu}$ et $\mathrm{C}_n^m = (m!)^{-1}.n(n-1)(n-2)\ldots(n-m+1)$. Le potentiel vecteur s'écrit alors, en supposant la charge égale à l'unité,

$$\mathrm{A}^u = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{\mathrm{R}^{n-1}}{n!}(\pm\partial^i)^n \sum_{q=0}^{q=\infty} \mathrm{C}^q_{\left(\frac{n-1}{2}\right)} \mathrm{R}^{-2q}[\xi_\nu^\nu - 2x_\nu\xi^\nu]^q \dot{\xi}^u.$$

Pour faire apparaître des développements en série de Taylor, nous allons définir une famille de nombres à deux indices a_l^q par la relation de récurrence

$$2(l+1).a_{l+1}^q = -[q(q+1) - l(l+1)].a_l^q$$

et en posant $a_0^q = 1$; ces nombres jouent un rôle important dans toutes les questions qui sont en rapport avec les solutions de l'équation dalembertienne; grâce à eux on peut écrire

$$\frac{1}{n!}\mathrm{C}^q_{\left(\frac{n-1}{2}\right)} = \frac{1}{2^q}\frac{1}{q!}\sum_{l=0}^{l=q} a^q_{(q-l)} \frac{1}{(n-l)!}.$$

Cette formule n'a de sens que pour $n \geqq q$; mais on vérifie aisément que

([2]) P. M. Duffieux, *Ann. de Phys.*, 14, xi, 1940, pp. 303-338.

([1]) Séance du 20 novembre 1944.

([2]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 510.

([3]) Il faut en effet $|\xi_\nu^\nu - 2\alpha_\nu\beta^\nu\sqrt{x_\nu^\nu}.\sqrt{\xi_\nu^\nu}| < x_\nu^\nu$ et le cas le plus défavorable se présente pour $\alpha_\nu\beta^\nu = -1$.

pour $n < q$, il suffit de supprimer les termes qui donneraient une valeur négative à l'argument de la factorielle; dans ces conditions A^u peut s'écrire

$$A^u = \sum_{q=0}^{q=\infty} \frac{R^{-2q}}{2^q \cdot q!} \sum_{l=0}^{l=q} a^q_{(q-l)} R^{l-1} (\pm \partial^4)^l \sum_{n=l}^{n=\infty} \frac{R^{n-l}}{(n-l)!} (\pm \partial^4)^{n-l} [\xi^\nu_\nu - 2x_\nu \xi^\nu]^q \xi^u;$$

conformément à notre dernière remarque, la sommation sur n va de l à ∞ au lieu de 0 à ∞; la dernière somme est le développement en série de Taylor de la fonction $[\xi^\nu_\nu - 2x_\nu \xi^\nu]\xi^u$ de l'argument $(x_4 \pm R)$; on a donc

$$A^u = \sum_{q=0}^{q=\infty} \frac{R^{-2q}}{2^q \cdot q!} \sum_{l=0}^{l=q} a^q_{(q-l)} R^{l-1} (\pm \partial^4)^l \{[\xi^\nu_\nu - 2x_\nu \xi^\nu]^q \xi^u\}_{(x_4 \pm R)}.$$

Pour avoir une expression plus explicite développons le dernier crochet et faisons apparaître les grandeurs $\alpha_\nu = R^{-1} x_\nu$

$$A^u = \sum_{q=0}^{q=\infty} \frac{R^{-2q}}{2^q \cdot q!} \sum_{l=0}^{l=q} a^q_{(q-l)} R^{l-1} (\pm \partial^4)^l \left\{ \sum_{k=0}^{k=q} C^k_q R^k (\xi^\nu_\nu)^{q-k} (-2\alpha_\nu \xi^\nu)^k \xi^u \right\}_{(x_4 \pm R)}.$$

Pour avoir le potentiel scalaire A^4 on remplace dans cette dernière formule ξ^u par 1; voici quelques applications de cette formule générale.

Calcul du rayonnement de la particule. — Dans ce cas on peut négliger les puissances de R autres que R^{-1}; cette dernière ne s'obtient que pour $k = q$; $l = q$; comme $a^q_0 = 1$, $c^q_q = 1$, il reste

$$A^u = R^{-1} \sum_{q=0}^{q=\infty} \frac{1}{q!} (\pm \partial^4)^q \{(-\alpha_\nu \xi^\nu)^q \xi^u\}_{(x_4 \pm R)}.$$

Si l'on se borne aux trois premiers termes ($q = 0, 1, 2$), c'est-à-dire aux termes dipolaires, quadrupolaires, octopolaires, et, si l'on sépare les deux derniers en leur partie symétrique et en leur partie antisymétrique, il vient

$$A^u = R^{-1} \Big\{ \xi^u - (\pm) \frac{1}{2} \alpha_\nu [(\partial^4)^2 \xi^{u\nu} - \partial^4 M^{u\nu}] + \alpha_{\nu w} [(\partial^4)^3 \xi^{u\nu w} - (\partial^4)^2 M^{[u(\nu w)]}] + \dots \Big\}_{(x_4 \pm R)}$$

avec

$$M^{u\nu} = [\xi^u \partial^4 \xi^\nu - \xi^\nu \partial^4 \xi^u], \qquad M^{[u(\nu w)]} = [\xi^{\nu w} \partial^4 \xi^u - \xi^u \partial^4 \xi^{\nu w}].$$

Calcul plus complet des potentiels à petite distance. — On se limite aux termes $q = 0, 1$; $k = q$; comme $a^1_1 = -1$, on a

$$A^u = \{ R^{-1} \xi^u - R^{-1} (\pm \partial^4)(\alpha_\nu \xi^\nu \xi^u) + R^{-2} (\alpha_\nu \xi^\nu \xi^u) \}_{(x_4 \pm R)},$$
$$A_4 = \{ R^{-1} - R^{-1} (\pm \partial^4)(\alpha_\nu \xi^\nu) + R^{-2} (\alpha_\nu \xi^\nu) \}_{(x_4 \pm R)}.$$

Cas de deux charges symétriques par rapport à l'origine. — Si l'on a deux

charges de valeur absolue $1/2$, mais de signes contraires, occupant toujours des positions symétriques par rapport à l'origine, on a

$$e_{(1)} = -e_{(2)} \qquad \xi^u_{(1)} = -\xi^u_{(2)} \qquad \text{d'où} \qquad \dot{\xi}^u_{(1)} = -\dot{\xi}^u_{(2)} \qquad \ddot{\xi}^u_{(1)} = -\ddot{\xi}^u_{(2)} \qquad \ldots$$

Quand on forme $A = A_{(1)} + A_{(2)}$ avec les expressions du paragraphe précédent, tous les termes contenant un nombre pair de fois la lettre ξ disparaissent; il reste

$$A^u = A^u_{(1)} + A^u_{(2)} = \{R^{-1}\dot{\xi}^u\}_{(x,\pm R)},$$
$$A^4 = A^4_{(1)} + A^4_{(2)} = \{-R^{-1}(\pm\partial^4)\alpha_\nu\xi^\nu + R^{-2}(\alpha_\nu\xi^\nu)\}_{(x,\pm R)};$$

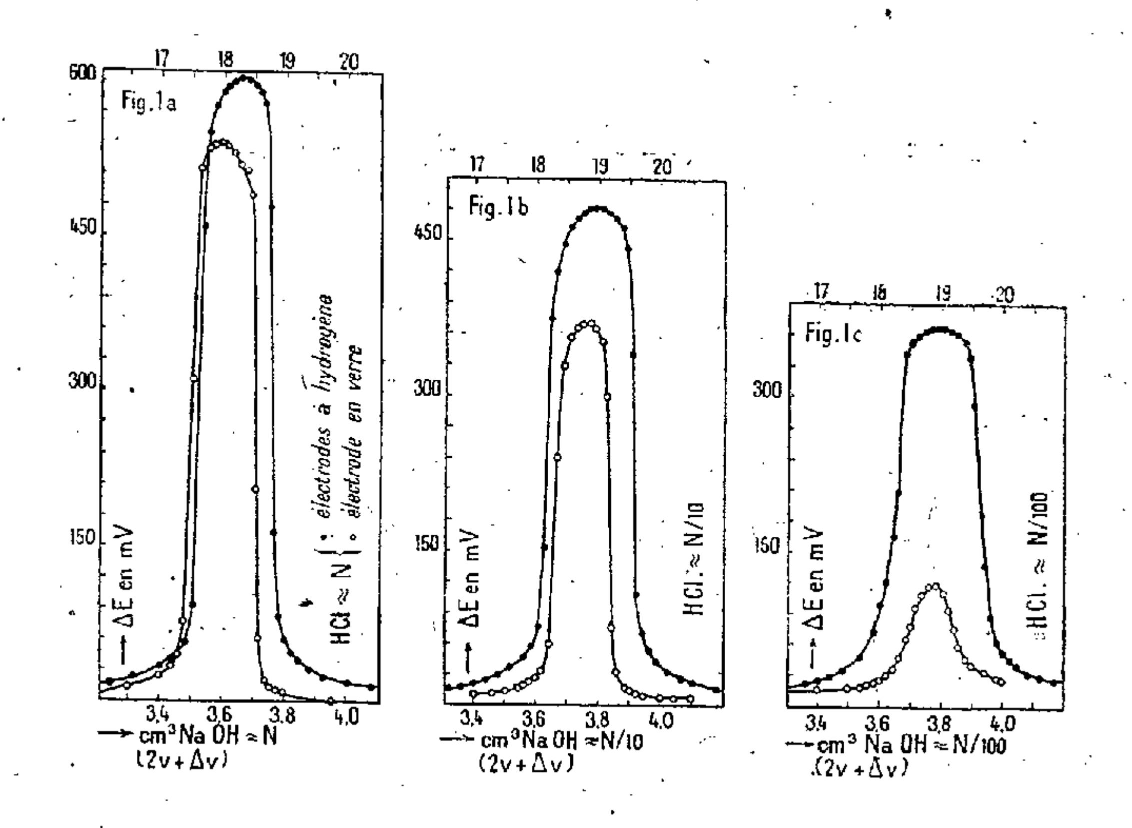
on reconnaît bien les formules classiques de l'oscillateur dipolaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Titrage potentiométrique différentiel; comparaison du montage à électrode en verre avec le montage à électrodes à hydrogène.* Note de M. **Léon Giraut-Erler**.

Après avoir étudié (1) l'influence de la différence de marche Δv des deux burettes, nous étudions ici l'influence de la concentration A et B des réactifs (cas où $A \approx B$).

Nous avons opéré avec $\Delta v = 0^{cm^3},1$ et $V = 2^{cm^3}$ pour l'électrode en verre, et avec $\Delta v = 0^{cm^3},5$ et $V = 10^{cm^3}$ pour les électrodes à hydrogène.

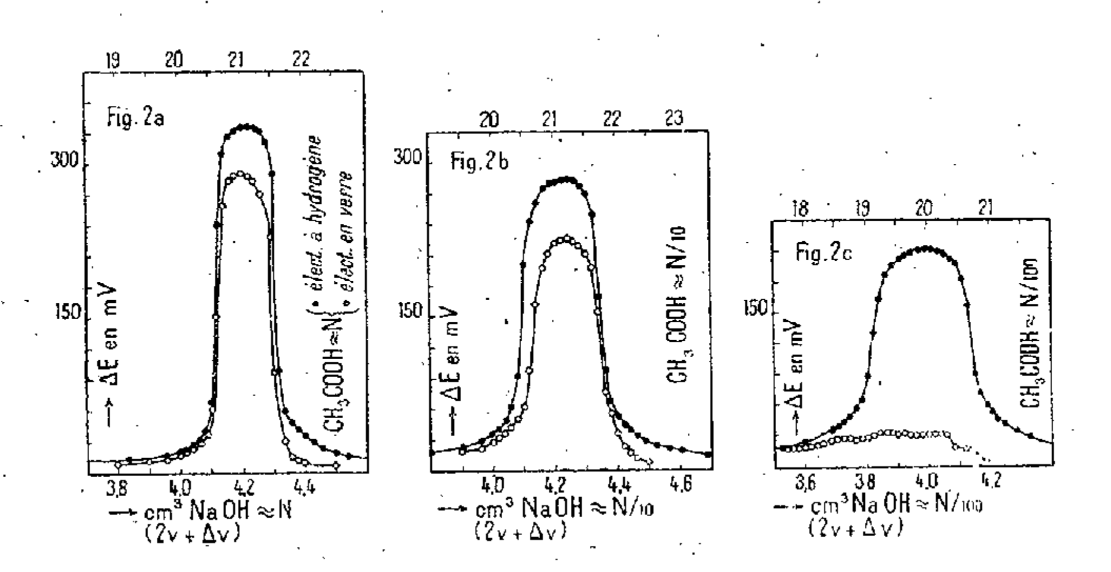
a. Titrage d'un acide fort par une base forte. — Les figures **1a**, **1b** et **1c**



montrent que l'on obtient bien des maxima nets avec l'électrode en verre même avec $A \approx B \approx N/100$, bien que dans ce dernier cas le maximum, quoique net, soit beaucoup moins élevé qu'avec les électrodes à hydrogène.

(1) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 537.

b. Titrage d'un acide monovalent obéissant à la loi d'action de masse par une base forte. — Les figures 2*a*, 2*b* et 2*c* montrent qu'à l'encontre du cas



précédent, *on n'obtient pas de maximum net avec* $A \approx B \approx N/100$ avec l'électrode en verre. On ne pourra donc pas titrer des acides faibles en concentrations *très faibles* au moyen du dispositif employé.

Ce fait est dû :

a. à l'altération de la membrane de verre (verre spécial mou) pour les pH élevés;

b. à l'intervention du gaz carbonique de l'air dès qu'on a dépassé la neutralité dans une des deux branches de l'électrode en verre pour titrages différentiels.

Nous avons constaté de plus que, pour toutes les concentrations où les titrages se révèlent faisables, les deux modes de titrage différentiel essayés donnent pratiquement les mêmes résultats pour le *dosage* sous la réserve toutefois que $\Delta v/V$ ne soit pas trop grand (¹).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention d'un nouvel acide résinique, l'acide dextrosapinique*. Note de M. **René Lombard**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué (¹) une méthode d'analyse des galipots de Pin que j'ai appliquée à deux espèces de Pin et à l'Épicéa, qui sécrète une résine très voisine des résines de Pin. J'ai pu doser, dans les sécrétions résineuses étudiées, l'acide lévopimarique, l'acide dextropimarique, et les acides sapiniques. Je me suis attaché, depuis, à l'étude de la partie dite *sapinique*.

Le galipot de Pin d'Alep est particulièrement indiqué pour une telle étude, car, dépourvu d'acide dextropimarique, et contenant une forte proportion d'acides sapiniques, il se prête particulièrement bien à l'extraction de ces derniers. En traitant ce galipot en solution alcoolique par la quinone, j'en ai séparé l'acide lévopimarique à l'état de combinaison quinonique insoluble; les

(¹) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 523.

eaux mères contiennent la partie sapinique, qui est précipitée, puis cristallisée; j'ai obtenu ainsi un acide sapinique, de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j + 43°$ (2), qui se présente comme un corps pur, et que j'appellerai provisoirement acide A.

J'ai ensuite fait les observations suivantes :

a. en calculant, par application de la loi de Biot, le pouvoir rotatoire de la partie sapinique dans les galipots de Pin d'Alep, de Pin maritime, et de résine d'Épicéa, j'ai chaque fois trouvé un résultat très voisin de $+ 43°$;

b. j'ai pu extraire directement, par des cristallisations fractionnées, l'acide A, des sécrétions de Pin maritime et d'Épicéa, après avoir éliminé l'acide lévopimarique à l'état de combinaison quinonique;

c. en préparant des mélanges synthétiques d'acides lévopimarique, dextropimarique, et d'acide A, en proportions convenables, j'ai pu reconstituer les galipots avec toutes leurs propriétés, et, en particulier, les mêmes courbes d'isomérisation qu'avec les galipots naturels; la forme *en cloche* des courbes d'isomérisation est due à ce que l'acide lévopimarique s'isomérise beaucoup plus rapidement en acide abiétique que l'acide A (environ 100 fois plus vite); l'acide lévopimarique est responsable de la branche de gauche de la courbe d'isomérisation; la branche de droite correspond à l'isomérisation de l'acide A.

Il résulte de ce qui précède que l'acide A est le *constituant exclusif ou, du moins, presque exclusif* (cette restriction correspondant à l'incertitude de la méthode, qui est de l'ordre de 1 à 2 %), de la partie sapinique des galipots étudiés.

*Je lui ai donné le nom d'*acide dextrosapinique.

Les principales propriétés de l'acide dextrosapinique sont les suivantes : pouvoir rotatoire $[\alpha]_j + 43°$, formule $C^{20}H^{30}O^2$; point de fusion 145°; indice de diène à la température ordinaire, nul; il est intégralement transformable en acide abiétique, sous l'action de l'acide chlorhydrique.

Conclusion. — Sous leur complexité apparente (Tschirch avait dénombré 45 acides en étudiant une dizaine de résines de Pin), les galipots sont relativement simples; en me bornant aux sécrétions résineuses que j'ai pu obtenir sur le territoire métropolitain, j'ai trouvé que celles-ci ne contiennent que trois acides résiniques, l'acide lévopimarique, l'acide dextrosapinique, l'acide dextropimarique, tous trois en $C^{20}H^{30}O^2$. J'ai l'impression que de nombreuses sécrétions de Conifères ont des compositions analogues, et j'ai l'intention de poursuivre mes études dans ce sens, dès que les circonstances me permettront de me procurer une gamme étendue de résines de Conifères d'origine étrangère.

---

(2) $[\alpha]_j$ correspond à la longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},578$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveaux dérivés du stilbène et du triphényléthylène*. Note de MM. **Buu-Hoï**, **Hiong-Ki-Wei**, **Antoine Lacassagne** et **Jean Lecocq** présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de ces dernière années, il a pu être montré [1] que des substances possédant des configurations moléculaires proches de celles des hydrocarbures cancérigènes pouvaient inhiber l'action de ces derniers, vraisemblablement en diminuant la probabilité d'absorption de ces toxiques par les cellules de l'organisme. D'autre part [2] on sait que des composés œstrogènes, naturels (œstrone, équiline, équilénine) aussi bien que synthétiques (triphényléthylène, stilbœstrol), provoquent eux aussi l'apparition de tumeurs. L'idée vient alors à l'esprit de se demander s'il ne serait pas possible de trouver des substances structurellement voisines de ces hormones, capables d'inhiber l'action de ces derniers corps par un processus de même nature que celui invoqué plus haut. Le pouvoir œstrogène intense des hormones naturelles et synthétiques est lié à la présence d'hydroxyles phénoliques; nous avons été amenés à préparer au contraire une série d'hydrocarbures possédant soit le squelette du *trans*-stilbène, soit celui du triphényléthylène. Dans le premier cas, il s'agit d'α.β-dialcoyl-stilbènes et d'α-alcoyl-β-aryl-stilbènes de formule générale (I); dans le second, ce sont des triphényléthylènes alcoylés sur la chaîne latérale, répondant au schéma (II) :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix} \!>\! C{=}C \!<\! \begin{matrix} R' \\ C^6H^5 \end{matrix} \quad \text{(I)}$$

a. $R = C^2H^5$, $R' = C^3H^7n$;
b. $R = C^2H^5$, $R' = CH^2{-}CH{=}CH^2$;
c. $R = C^2H^5$, $R' = C^4H^9n$;
d. $R = C^2H^5$, $R' = C^5H^{11}n$;
e. $R = C^2H^5$, $R' = C^5H^{11}$ iso;
f. $R = C^2H^5$, $R' = C^{10}H^7\alpha$;
g. $R = R' = C^3H^7n$;
h. $R = R' = C^4H^9n$;
i. $R = C^3H^7n$, $R' = C^4H^9n$;
j. $R = C^4H^9n$, $R' = C^5H^{11}n$;
k. $R = C^5H^{11}n$, $R' = C^{10}H^7\alpha$.

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!>\! C{=}C \!<\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix} \quad \text{(II)}$$

a. $R = C^3H^7n$;
b. $R = CH^2{-}CH{=}CH^2$;
c. $R = C^4H^9n$;
d. $R = C^5H^{11}n$;
e. $R = C^5H^{11}$ iso;
f. $R =$ cyclohexyl (C^6H^{11}).

Les uns et les autres de ces corps se préparent en faisant agir des halogénures d'alcoyl (ou d'α-naphtyl)-magnésium sur des désoxybenzoïnes α-alcoylées (III) et en déshydratant les alcools tertiaires ainsi formés; l'alcoylation de la désoxybenzoïne se fait au mieux par l'amidure de sodium, et la déshydratation des carbinols, par l'acide formique pur :

$$\underset{\text{(III)}}{C^6H^5{-}CHR{-}CO{-}C^6H^5} \xrightarrow{R'MgHal} C^6H^5{-}CHR{-}C(OH)R'{-}C^6H^5 \xrightarrow[HCO^2H]{} C^6H^5{-}CR{=}CR'{-}C^6H^5.$$

---

(1) Lacassagne, Buu-Hoï et P. Cagniant, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 16; Lacassagne, Buu-Hoï, Rudali et Daudel, *ibid.*, p. 282.

(2) Lacassagne, in *Ergebnisse der Vitamin-und Hormonforschung*, **2**, Leipzig, 1939, p. 259.

Les substances de formule générale (I) sont des huiles incolores plus ou moins mobiles ou des résines visqueuses; par contre les triphényléthylènes alcoylés (II) sont toutes des solides bien cristallisés. Les corps nouveaux suivants ont été synthétisés :

1° *α.n-butyl-désoxybenzoïne* $C^{18}H^{20}O$ (III, $R = C^4H^9$); cristallise de l'alcool (très soluble à chaud) sous forme de fines aiguilles incolores F 57°, $É_{15}$ 210-212°. 2° *α.n-amyl-désoxybenzoïne* $C^{19}H^{22}O$ (III, $R = C^5H^{11}$); aiguilles très solubles F 38°, $É_{13}$ 218-220°, n'ayant pas fourni de semicarbazone même après plusieurs jours. 3° *α-éthyl-β.n-propyl-stilbène* ($C^{19}H^{22}$ (I*a*); on fait agir l'éthyl-désoxybenzoïne sur 3 molécules de bromure de propylmagnésium en refroidissant sous l'eau; l'addition terminée, on fait bouillir doucement pendant une demi-heure, décompose par la glace et le chlorure d'ammonium, lave à l'eau la couche éthérée, la sèche, chasse l'éther et chauffe au bain-marie bouillant le carbinol brut obtenu avec un gros excès d'acide formique à 98% pendant 2 heures. On ajoute de l'eau, extrait l'hydrocarbure formé au benzène, lave la solution benzénique à l'eau alcaline, la sèche, évapore le solvant, et distille le résidu. Liquide incolore, mobile, $É_1$ 145°, d'odeur accentuée désagréable, ne cristallisant pas à la glacière. 4° *α-éthyl-β-allyl-stilbène* $C^{19}H^{20}$ (I*b*); huile mobile, incolore, $É_{1,5}$ 145-148°. 5° *α-éthyl-n-butyl-stilbène* $C^{20}H^{24}$ (I*c*); liquide fluide, faiblement ambré $É_{1,5}$ 145°. 6° *α-éthyl-n-amyl-stilbène* $C^{21}H^{26}$ (I*d*); huile mobile $É_{1,5}$ 153°. 7° *α-éthyl-isoamyl-stilbène* $C^{21}H^{26}$ (I*e*); huile ambrée assez fluide, $É_1$ 140-145°. 8° *α-éthyl-β-naphtyl-(α)-stilbène* $C^{26}H^{22}$ (I*f*); huile extrêmement visqueuse, non cristallisable, mais se figeant en une laque jaune pâle, $É_{1,5}$ 220°. 9° *α.β-di-n-propyl-stilbène* $C^{20}H^{24}$ (I*g*); huile mobile incolore, $É_{1,5}$ 145-150°. 10° *α.β-di-n-butyl-stilbène* $C^{22}H^{28}$ (I*h*); huile assez fluide, $É_{1,5}$ 153°155°. 11° *α.n-propyl-β.n-butyl-stilbène* $C^{21}H^{26}$ (I*i*); huile assez mobile, sensiblement incolore, $É_{1,5}$ 145°-150°. 12° *α.n-butyl-β.n-amyl-stilbène* $C^{23}H^{30}$ (I*j*); huile légèrement visqueuse et ambrée, $É_{1,5}$ 158-162°. 13° *α.n-amyl-β-naphtyl-α-stilbène* $C^{28}H^{26}$ (I*k*); résine jaunâtre, extrêmement visqueuse, cassante, $É_{1,5}$ 225-228°. 14° *n-propyl-triphényléthylène* $C^{23}H^{22}$ (II*a*); cristallise de l'alcool (peu soluble à froid) en longues aiguilles incolores, soyeuses, F 97° distillant vers 180° sous 1^{mm} et se dissolvant facilement dans le benzène. 15° *Allyl-triphényléthylène* $C^{23}H^{20}$ (II*b*); touffes de fines aiguilles soyeuses assez peu solubles dans l'alcool, facilement solubles dans le benzène et l'acétone, F 79°, distillant vers 178-180° sous 1^{mm},5; se colore en jaune par l'acide sulfurique pur (comme tous ses homologues). 16° *n-butyl-triphényl-éthylène* $C^{24}H^{24}$ (II*c*); aiguilles soyeuses, courtes, peu solubles dans l'alcool, F 88°, distillant vers 190° sous 2^{mm}. 17° *n-amyl-triphényléthylène* $C^{25}H^{26}$ (II*d*); touffes de fines aiguilles soyeuses légères, F 100°, distillant vers 180° sous 1^{mm},5. 18° *Isoamyl-triphényl-éthylène* $C^{25}H^{26}$ (II*e*); aiguilles soyeuses, peu solubles dans l'alcool, très solubles dans le benzène, F 65°, distillant vers 184° sous 1^{mm},8. 19° *Cyclohexyl-triphényléthylène* $C^{26}H^{26}$ (II*f*); touffes de belles aiguilles prismatiques, incolores, brillantes, solubles dans le benzène, peu solubles dans l'éther, F 151°, distillant vers 210-213° sous 2^{mm}. Ce corps manifeste une grande tendance à la cristallisation et peut être déshydrogéné par le soufre ou le sélénium en *tétraphényléthylène* $(C^6H^5)^2C = C(C^6H^5)^2$, F 224°, déjà décrit souvent dans la littérature.

Toutes ces substances font actuellement l'objet d'un examen de pouvoir carcinogène éventuel et de pouvoir inhibiteur. Un triage sommaire a montré que les corps de formule générale (I) sont généralement assez œstrogènes; ce dernier fait nous incline à assigner à ces corps la structure *trans*, qui, dans la

série du stilbène, est la configuration favorable. La synthèse et l'examen des propriétés de substances appartenant aux groupes (I) et (II) sont poursuivis activement ([3]).

BOTANIQUE. — *Un nouveau procédé de séparation et d'isolement des Diatomées.* Note de M. **René Leboime**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les techniques déjà décrites pour l'isolement des Diatomées ne donnent satisfaction qu'au prix du sacrifice d'une grande partie du matériel traité. La méthode que nous avons mise au point permet de traiter tout matériel, si minime soit-il, et d'en éliminer toutes matières étrangères en conservant, à l'état de pureté, la totalité des Diatomées.

Inspirée des travaux de Thoulet et de Lauby, elle utilise les différences de densité des corps en présence dans la suspension de départ. La faible différence de densité des corps existant généralement dans les mélanges de départ est insuffisante pour que la gravité seule soit utilisable et nous avons employé la centrifugation dans des liquides de densités voisines.

L'utilisation de liquides non miscibles de densités croissantes ne donne, à l'expérience, aucune satisfaction; les différences de tension superficielle empêchent des organismes aussi petits de se laisser mouiller et de passer d'un liquide dans le suivant. Aussi nous avons été amené à n'employer qu'un seul liquide, solution aqueuse de borotungstate de cadmium, liquide non corrosif et de récupération facile, permettant de réaliser par dilution une échelle de densité très étendue.

La solution saturée de ce corps a une densité voisine de 3,6 et doit être déterminée exactement en précisant la 3e décimale. Soient a la densité de cette solution et n son volume en centimètres cubes; le volume d'eau à ajouter à a pour obtenir une solution de densité b est donné par la formule $x = n(a-b)/(b-1)$. Cette relation permet donc, connaissant le volume et la densité de la solution, de la faire passer à une densité plus faible.

A titre d'exemple, la marche à suivre est la suivante pour séparer les Diatomées d'un mélange contenant des éléments de roches diverses, des spicules d'Éponges de densité 2,136, des matières organiques et des Diatomées de densité 2,1. Les frustules de Diatomées ne sont donc point constituées par de l'opale, dont la densité est 2,2.

([3]) Nous apprenons (juin 1945) que Dodds, Lawson et Williams (*Nature*, **148**, 1941, p. 142) ont pu produire des cancers avec l'α-éthyl-β.sec-butyl-stilbène. Ces savants attribuent toutefois cette action à la ressemblance structurale de ce corps avec le 3.4-benzopyrène. D'autre part les premiers résultats montrent que l'α-éthyl-α-isoamyl-stilbène est très fortement œstrogène (activité à $0^{mg},25$ chez la Souris); l'α-éthyl-α-allyl-stylbène est aussi très actif ($0^{mg},50$).

Placer dans un tube à centrifuger, sur 3^{cm} de hauteur, une solution de densité 2,3. Au-dessus, et sans mélanger, au moyen d'une fine pipette recourbée, laisser affluer, sur 2^{cm} de hauteur, une solution de densité 2,15. Puis, par le même moyen, également sur 2^{cm} de hauteur, une solution de densité 2. Les 3 zones restent parfaitement délimitées et leur différence de réfringence suffit pour le constater. A ce moment, ajouter, avec précaution, environ 1^{cm^3} du matériel à séparer en suspension dans de l'eau pure. Centrifuger ensuite à 5000 t:min pendant 4 minutes. Après cette opération, l'on constate qu'une partie des matières organiques est répartie sur la zone de séparation de l'eau pure et du liquide de densité 2; une autre portion, ayant franchi cette zone, s'est réunie à la limite de séparation des liquides de densité 2 et 2,15. Toutes les Diatomées, parfaitement intactes, se trouvent entre les zones de densité 2,15 et 2,3. Les spicules, les roches diverses et le sable sont parvenus au fond du tube. Il ne reste plus qu'à prélever la couche de Diatomées au moyen d'une pipette à tétine dont on promène, pendant l'aspiration, l'orifice sur toute la surface de séparation des liquides. Les frustules des Diatomées sont ensuite lavées à l'eau pure jusqu'à élimination du borotungstate.

Une nouvelle centrifugation ménagée dans un liquide de densité 2,009 permet de séparer selon leur taille les Diatomées ainsi isolées. Les grosses espèces se trouvant à la partie inférieure et les plus petites restant dans les régions supérieures. En effet, bien que de même poids spécifique, les frustules plongées dans un liquide de densité très faiblement inférieure à leur densité propre acquièrent une vitesse de précipitation proportionnelle à leur surface et, par rapport à son poids, une petite espèce présente une surface plus grande qu'une grosse.

Cette technique, rapide et souple, peut, en employant des liquides miscibles de densités choisies, se prêter à l'isolement de diverses particules inorganiques ou même de petits organismes, si l'immersion dans des liquides hypertoniques n'entraîne pas de déformations importantes de ces organismes.

GÉNÉTIQUE. — *Sur un cas singulier de variation désordonnée dans les fleurs de* Matthiola. Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans une lignée horticole de *Matthiola* à fleurs doubles (var. Cocardeau) j'ai trouvé à côté des plantes non sexuées à fleurs doubles, et des plantes sexuées à fleurs simples qui assurent la conservation de la variété, quelques individus fournissant de bonnes graines et présentant néanmoins un nombre de pétales supérieur à quatre.

Une partie des graines de l'un de ces individus, semées au printemps 1943, a donné au printemps 1944 25 plantes, dont 5 à fleurs doubles, stériles, et 20 ayant un nombre important de fleurs à pétales supplémentaires. Nous décrivons diverses anomalies trouvées chez ces dernières, qui affectent non seulement le périanthe mais aussi l'androcée et le gynécée.

Variations de l'androcée. — Si l'on désigne sous le nom d'étamine le bourrelet de 2 anthères porté par un filet (sans préjuger de leur origine), ce

nombre est normalement 6 pour l'ensemble des Crucifères. Or, sur 100 fleurs prélevées le même jour sur les 20 plantes aberrantes, nous avons trouvé 59 fleurs à 6 étamines (normales) et 41 fleurs à étamines supplémentaires, dont 3 fleurs à 10 étamines, 5 à 9 étamines, 7 à 8 étamines et 26 à 7 étamines. Il arrive que 4 anthères ou plus, à des états de développements parfois différents, soient portées sur un même filet élargi. Si le cas général est, dans cette lignée, une augmentation du nombre des pièces florales, il peut se produire aussi des réductions, notamment en ce qui concerne le nombre des étamines. On a ainsi trouvé une fleur hermaphrodite à une seule étamine. D'autre part il existe des fleurs entièrement mâles ayant 2 ou 4 étamines au lieu de 6; 2 pétales et 2 sépales au lieu de 4. En particulier une de ces fleurs conserve la symétrie pour la disposition des 4 pétales en croix et présente, en même temps que l'avortement complet de l'ovaire, celui des 4 étamines dédoublées et du verticille de sépales correspondant. Enfin on a trouvé une fleur dépourvue non seulement d'ovaire mais aussi d'étamines, composée uniquement d'un sépale et d'un pétale opposé.

Variation du gynécée. — L'augmentation du nombre des placentas ou même des loges a été signalé en 1926 par Miss Saunders chez *Matthiola annua* à fleurs doubles. Dans notre lignée, nous trouvons, à côté d'ovaires ayant un nombre parfois double de placentas, d'autres ovaires d'apparence normale accompagnés de carpelles supplémentaires plus ou moins libres, parfois dépourvus de stigmates, et, comme terme extrême, on a observé jusqu'à 3 fruits à des états différents de développement insérés en verticille sur un même pédoncule.

Prolifération. — Alors qu'en général la prolifération de l'axe floral est limitée aux fleurs doubles non sexuées, nous avons observé un cas de prolifération dans une plante sexuée. De l'extérieur vers l'intérieur il y a : 6 pièces sépaloïdes, dont 4 semblables entre elles et 2 contournées rejetées sur le côté et légèrement pétaloïdes; à l'aisselle de ces dernières il y a 2 boutons sexués et un troisième bouton, central par rapport aux 4 pétales semblables; puis un cycle de 6 étamines indépendantes et dispersées entourant l'axe central où, en place d'ovaire, sont insérés des boutons beaucoup moins développés.

Concrescence. — On constate la concrescence de pièces de même origine ou d'origines différentes appartenant dans la normale à des verticilles voisins. Nous avons vu le cas d'anthères multiples portées sur un même filet élargi, l'ensemble ayant un aspect digité, et les carpelles en nombre variable plus ou moins concrescents. Les pétales sont parfois épaissis au niveau de l'onglet, qui s'épanouit en plusieurs lames blanches développées à divers degrés. On observe aussi la concrescence entre sépale et pétale; pétale et sac pollinique ou étamine; sac pollinique ou étamine et ovaire ou carpelle. Nous avons même trouvé un organe à l'aspect extérieur d'étamine et soudé à la base à un carpelle, présentant des ovules le long du bord libre externe de l'anthère. Par ailleurs, l'union des tissus ayant fonction de carpelle d'une part et de sac pollinique

d'autre part, n'apparaît pas comme une soudure à proprement parler, mais plutôt comme le résultat d'une intrication de tissus de polarités distinctes provenant d'une différenciation désordonnée au cours du développement.

On remarque enfin que divers ovules, portés sur un même carpelle, ne se trouvent pas dans un même état de développement, contrairement à la règle générale chez les Crucifères à silique. Il y a donc intrication des tissus non seulement de natures, mais aussi d'âges différents, traduisant un désordre qui néanmoins n'altère pas l'ordonnance des verticilles floraux.

GÉNÉTIQUE. — *Hybrides triples haploïdes obtenus à partir de trois espèces de* Nicotiana *et transformation de ceux-ci en hybrides diploïdes par l'action de la colchicine.* Note de MM. **Alexandre Fardy** et **Henri Hitier**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les deux hybrides triples ont été obtenus en croisant les formes amphidiploïdes *Nicotiana glutinosa* L. (*n* 12) × *N. sylvestris* Speg et Comes (*n* 12) et *N. tabacum* L. (*n* 24) × *N. glutinosa* L. (*n* 12), respectivement par les espèces *N. tabacum* L. (*n* 24) et *N. glauca* Grah (*n* 12).

I. L'amphidiploïde *glutinosa* × *sylvestris* associe dans ses cellules somatiques 24 chromosomes *glutinosa* + 24 chromosomes *sylvestris*, et donne après réduction chromatique, des gamètes ayant pour formule 12 + 12 = 24 chromosomes, soit 1 génôme de *glutinosa* + 1 génôme de *sylvestris*. Le croisement de cette forme par *N. tabacum* (*n* 24) engendre un nouvel hybride dont la formule somatique est 12 + 12 + 24 = 48 chromosomes; c'est un hybride triple haploïde, c'est-à-dire associant les garnitures chromosomiques haploïdes de trois espèces différentes. La F_1 de cet hydride est homogène et comprend des pieds très vigoureux dont l'aspect se rapproche du type *Tabacum*. La floraison est très abondante; par son mode d'inflorescence, par la taille, la forme et la pigmentation de ses fleurs, l'hybride présente une juxtaposition des caractères des trois parents; les capsules peu nombreuses sont généralement ridées. Son comportement méiotique est du type à allosyndèse partielle : M_I avec 17 à 19_{II} + 10 à 14_I en dehors de la plaque ou vers la périphérie; la formation des bivalents résulte de l'homologie existant d'une part entre les 12 chromosomes d'origine *sylvestris*, et 12 des 24 chromosomes de *Tabacum*, d'autre part entre quelques éléments de *glutinosa* et une partie des 12 chromosomes restants de *Tabacum*. En A_I les bivalents engendrent des ponts et des fragments; les monovalents retardataires peuvent se diviser. En M_{II} les plaques contiennent chacune 23 à 25 chromosomes, 1 ou 2 chromosomes restent dans le cytoplasme. On observe quelques retardataires en A_{II}. On trouve 40 % de tétrades normales, 55 à 60 % avec 1 ou 2 microcytes et quelques diades. L'hybride forme 30 à 40 % de bon pollen de taille un peu irrégulière. Les capsules contiennent 100 à 150 graines.

Par l'action de la colchicine sur les jeunes plantules nous avons doublé le nombre chromosomique de 4 pieds qui, de ce fait, associent les garnitures diploïdes des trois parents : $24 + 24 + 48 = 96$ chromosomes. Ces pieds sont moins vigoureux que les pieds témoins, ont des feuilles plus petites, déformées, à bords échancrés et à nervation irrégulière. L'inflorescence est moins ramifiée. Les fleurs sont à tube plus gros. Le comportement méiotique est plus régulier : M_I : 45 à 46 formations dont généralement 1 à 3 polyvalents (tétravalents ou trivalents); en dehors du plan 0,1 ou 2_I; en A_I 0,1 ou 2 retardataires. M_{II} comprennent chacune 46 à 49 chromosomes, le plus généralement 47, 48; en A_{II} présence de quelques retardataires; tétrades normales 40 à 50 % ; avec 1 ou 2 ou 3 microcytes 50 à 60 % ; 60 à 70 % de bon pollen. Les capsules contiennent 150 à 250 graines, mais ont tendance à tomber avant leur maturité complète.

II. Le croisement de l'amphidiploïde *Tabacum* × *glutinosa*, dont les gamètes ont pour formule 24 chromosomes de *Tabacum* + 12 chromosomes de *glutinosa*, par *glauca* (n 12) nous a donné l'hybride triple haploïde *Tabacum* + *glutinosa* + *glauca* associant les génômes des trois parents, soit $24 + 12 + 12 = 48$ chromosomes. F_I est phénotypiquement hétérogène : feuilles et fleurs de forme, couleur et dimensions variables suivant les pieds, dans l'ensemble est vigoureux et associe les caractères des trois parents. L'hétérogénéité serait due aux différences de constitution génétique des divers pieds, le parent femelle (*Tabacum* × *glutinosa*) n'étant pas une forme amphidiploïde stable. Pollen entièrement composé de grains vides. Hybride totalement stérile. Le comportement méiotique est très irrégulier : formation de quelques bivalents et pseudo-bivalents engendrant en A_I des ponts et des fragments, retardataires et divisions de monovalents; M_{II} à nombres très variables, généralement 21 à 25 avec 1 ou 2 chromosomes dans le cytoplasme. Noyaux de restitution donnant naissance à des diades. Retardataires en A_{II}. Tétrades normales 40 % ; avec 1 ou 2 microcytes 50 % ; diades 10 %.

La forme triple diploïde, obtenue par l'action de la Colchicine a une composition chromosomique correspondant à la formule $(24 + 12 + 12) \times 2 = 96$, stocks diploïdes des trois parents, *Tabacum*, *glutinosa* et *glauca*. En M_I il se constitue une plaque comprenant 41 à 46 formations dont généralement 1 ou 2_{IV}; en dehors de la plaque on compte 3 à 8_I, le plus souvent 4 à 5. M_{II} : 45 à 51 chromosomes, le plus souvent 47, 48, 49. Quelques ponts et retardataires en A_I et A_{II}. Tétrades normales 25 % ; avec un ou plusieurs microcytes 55 %, polyades 20 %. Pourcentage de bon pollen très variable suivant l'époque, généralement 20 à 30 %. Capsules ayant tendance à tomber avant leur maturité et contenant peu de graines, 5 à 25.

En résumé, la réalisation d'hybrides triples haploïdes, rendus par la suite triples diploïdes, montre qu'il est possible, par voie expérimentale, d'associer

dans un même individu les garnitures chromosomiques diploïdes de trois espèces. La fertilité des formes triples diploïdes est plus élevée que celle des triples haploïdes, mais leur méiose comporte encore des irrégularités résultant en grande partie des relations allosyndétiques des éléments parentaux, résultant aussi de l'instabilité de leur milieu génotypique. Au point de vue morphologique l'hybride triple associe des caractères des trois parents.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1944.

Cours de Mécanique, 1re *division*, 1942-1943, par Henri Béghin. Paris, 1 vol. polycopié 33cm (présenté par M. J. Pérès).

Cours de Mécanique, 2e *division*, 1943-1944, par Henri Béghin. Paris, 1 vol. polycopié 33cm (présenté par M. J. Pérès).

Université d'Aix-Marseille. Faculté des sciences de Marseille. Thèse présentée à la Faculté des sciences de Marseille pour l'obtention du titre de docteur de l'Université d'Aix-Marseille, par Georges Igolen. *Contribution à l'étude de la Composition chimique de l'Essence de Lavandin*. Grasse, Imprimerie B. Arnaud, 1944; 1 vol. 24cm.

Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des Temps pour l'an 1945, ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1944; 1 vol. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 13 DÉCEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de Noël la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 27 décembre au lieu du lundi 25.

OPTIQUE. — *Sur la réalisation des lames auxiliaires employées dans les recherches faites avec la lumière polarisée.* Note [1] de MM. **Aimé Cotton** et **Pierre Manigault.**

Lames quart d'onde. — Les lames quart d'onde ont de nombreuses applications dans les laboratoires de Physique, et des *bilames quart d'onde* disposées comme une bilame de Bravais se sont montrées très utiles pour produire des rayons polarisés circulairement. Mais ces bilames peuvent aussi servir à rechercher de faibles biréfringences par l'apparition de ces teintes en nicols parallèles dont nous avons signalé l'utilité.

Actuellement, on ne possède pas encore de lames quart d'onde convenant dans un domaine étendu de radiations, qu'il s'agisse de radiations visibles ou de rayons ultraviolets de courtes longueurs d'onde; on est conduit à en utiliser plusieurs choisies spécialement pour les diverses radiations employées. Or, quand on veut faire des mesures de précision avec des lames quart d'onde, il est bon, comme on sait, de supprimer les réflexions parasites qui, le plus souvent, troublent les propriétés optiques d'un tel mica employé nu. Les réflexions partielles parasites qui se produisent sur les surfaces extrêmes de la lame font en effet qu'il se superpose au faisceau direct des faisceaux qui ont traversé trois fois, cinq fois etc., l'épaisseur de la lame. Ces réflexions parasites existent toujours. Ce n'est que pour les lames demi-onde (employées en lumière parallèle et monochromatique) qu'elles ne gênent pas du tout. Dans le cas général, une lame cristalline employée nue est toujours affectée par leur présence et l'on peut même dire qu'on n'observe jamais exactement, en lumière blanche polarisée, les véritables propriétés optiques d'une lame cristalline. Mais les inconvénients de ces réflexions sont particulièrement marqués dans le cas

---

[1] Séance du 27 novembre 1944.

des lames quart d'onde, parce que les faisceaux parasites sont polarisés tout autrement que le faisceau directement transmis et ne sont pas du tout éteints par un analyseur en même temps que ce dernier.

Pour éviter ces inconvénients Chaumont, Rabinovitch ont employé avec succès des lames quart d'onde immergées dans des cuves prismatiques contenant un liquide d'indice voisin, l'ensemble constituant un prisme à vision directe pour la radiation monochromatique employée. Mais il existe maintenant des techniques nouvelles pour atténuer l'effet des réflexions parasites sur les surfaces limites des verres des instruments d'optique en modifiant ces surfaces, par exemple en y déposant des couches très minces convenablement choisies d'indice de réflexion plus faible. Nous proposons d'appliquer ces techniques aux cristaux (même biréfrigents) et en particulier aux micas quart d'onde.

Le but que l'on se propose n'est pas, à vrai dire, exactement le même que celui qu'on recherche dans le cas des verres des instruments d'optique, où l'on désire le plus souvent augmenter la clarté des images en évitant des pertes inutiles de lumière. Ici ce qu'il faut surtout, c'est supprimer autant que possible ces faisceaux qui sont nuisibles, puisque leur influence est accentuée par l'interférence entre les deux sortes de vibrations principales dirigées suivant les lignes neutres de la lame. Un progrès marqué serait déjà réalisé si, sur une des deux surfaces limites, l'une des vibrations, d'indice n_1, était supprimée complètement. Pour l'autre face, on pourrait essayer de supprimer les vibrations à angle droit qui ont l'indice n_2. Parmi les techniques étudiées qui ont déjà fait l'objet de publications, on peut citer la méthode des fluorures (²).

On pourrait annuler les réflexions sans traiter les faces mêmes du mica. On immergerait le mica dans un liquide placé entre deux glaces de verre d'indices voisins, l'ensemble formant simplement une lame à faces parallèles. Ce sont les verres eux-mêmes qui auraient été au préalable traités sur leurs faces extérieures. Mais les essais qu'a bien voulu faire exécuter M. Arnulf à l'Institut d'Optique, dans le laboratoire qui y est installé pour le traitement des surfaces, ont montré qu'il n'y a pas de difficulté à supprimer les réflexions sur les surfaces du mica.

Emploi de lames auxiliaires en matières plastiques. — Actuellement, on utilise des cristaux, le mica et aussi le quartz, pour réaliser de telles lames auxiliaires, mais on peut dès à présent affirmer qu'il sera possible de remplacer ces cristaux par des pellicules de matières plastiques artificielles, soit qu'on les rende biréfringentes par des actions mécaniques, soit que leur fabrication même les rende biréfringentes. On aurait même l'avantage de pouvoir disposer de surfaces plus étendues et leur biréfringence pourrait être réglée autrement qu'en changeant l'épaisseur de la lame ou en l'inclinant.

Nous avons remarqué que les pellicules de cellophane du commerce, épaisses d'environ 3/100 de millimètre, sont demi-onde pour des radiations du spectre visible, mais les échantillons que nous avons eus à notre disposition

(²) M. JACQUINOT, *Revue d'Optique*, 21, 1942, p. 30.

n'avaient pas encore une épaisseur tout à fait uniforme. Des pellicules plus minces de la même substance, si l'on arrivait à les avoir bien planes, rendraient certainement des services pour faire des lames auxiliaires; elles seraient même, pour l'ultraviolet, nettement plus transparentes que le mica. On pourrait ici encore atténuer l'effet des réflexions parasites.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Précisions sur la systématique magnétochimique.* Note de MM. **Paul Pascal** et **Adolphe Pacault**.

Des mesures nouvelles faites sur des composés organiques et des travaux récents reliant la structure et les constantes diamagnétiques permettent d'affirmer certaines données de la systématique que l'un de nous a établie, et obligent à en préciser certains points mal interprétés.

1° *Influence des liaisons éthyléniques.* — La non-saturation fait toujours apparaître une dépréciation diamagnétique, la susceptibilité moléculaire expérimentale K_M étant, en valeur absolue, inférieure à la somme des susceptibilités atomiques ou radicales ΣK_A. Dans le cas de la liaison éthylénique, le terme correctif est $\lambda = +5,45.10^{-6}$; mais l'accumulation des doubles liaisons dans une même molécule cesse de se manifester, du point de vue magnétochimique, à partir de la deuxième, de sorte que tous les dérivés polyéthyléniques présentent le même incrément $\lambda = 10,55.10^{-6}$. Cette règle avait été énoncée dès 1912 par l'un de nous; les travaux récents de Muller [1] la confirment pleinement et ils apportent le renseignement complémentaire de l'indépendance des liaisons doubles vis-à-vis de la température entre 90 et 294°K.

Le tableau ci-dessous montre que, sauf peut-être pour le diphényldécapentaène, quel que soit n, λ diffère peu de la valeur moyenne $+10,50.10^{-6}$, chiffre en parfait accord avec la valeur donnée il y a plus de trente ans pour $n \leq 3$.

	$-K_M.10^6$ mesuré.	$-\Sigma K_A.10^6$ calculé.	λ.	n.
Diphénylbutadiène $C^6H^5(CH)^4C^6H^5$	129,6	139,9	10,3	2
Diphénylhexatriène $C^6H^5(CH)^6C^6H^5$	146,9	157,8	10,9	3
Diphényloctatétraène $C^6H^5(CH)^8C^6H^5$	164,3	175,6	11,3	4
Diphényldécapentaène $C^6H^5(CH)^{10}C^6H^5$	180,5	193,5	13,0	5
Tétraphénylbutadiène $(C^6H^5)^2C(CH)^2C(C^6H^5)^2$	228,0	238,2	10,2	2
Tétraphénylhexatriène $(C^6H^5)^2C(CH)^4C(C^6H^5)^2$	246,4	256,1	9,7	3
Tétraphényloctatétraène $(C^6H^5)^2C(CH)^6C(C^6H^5)^2$	264,1	273,9	9,8	4
Tétraphényldécapentaène $(C^6H^5)^2C(CH)^8C(C^6H^5)^2$	280,8	291,8	11,0	5

2° *Cas des urées.* — Dès 1912 l'un de nous avait fait remarquer qu'au point de vue magnétique l'urée se différenciait nettement des amides et que la susceptibilité atomique attribuée à l'oxygène par le calcul magnétochimique le

(1) *Zeits. für Elektrochemie*, 45, 1939, p. 593.

faisait considérer comme simplement lié, contrairement à la formule classique à l'époque. La magnétochimie indiquait donc déjà l'utilité d'une révision du schéma structural et conduisait à proposer la formule (I) au lieu de la formule (II) :

$$HN{=}C\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown NH^2\end{matrix} \qquad O{=}C\begin{matrix}\diagup NH^2\\ \diagdown NH^2\end{matrix}$$

(I). (II).

On avait, en effet, pour $10^6 K_M$, observé (Pascal) 33,6; calculé [forme (I)] 33,4; calculé [forme (II)] 31,0.

La chimie organique a apporté son appui à cette manière de voir. Les mesures faites ultérieurement sur les urées substituées par C. Clow ([2]), D. Devoto ([3]) et P. Pascal ([4]), permettent alors de définir l'incrément caractéristique de la double liaison $>C{=}N{-}R\ (R \neq H)$, dont la valeur est $\lambda = +1,6.10^{-6}$, et de donner la préférence à la formule (II) (tableau ci-dessous).

	$-K_M.10^6$ mesuré.	$-K_M.10^6$ calculé.
Urée	33,4 (D.)	33,4
»	33,6 (P., C.)	–
N méthyl urée	44,6 (C.)	43,7
N méthylol urée	48,3 (C.)	48,3
N éthyl urée	55,5 (D.)	55,5
N propyl urée	67,4 (D.)	67,4
N phényl urée	82,1 (P.)	81,0
NN diméthyl urée	55,1 (D.)	55,5
NN diphényl urée	126,3 (C.)	127,2
NN' diméthyl urée	56,3 (D.)	55,5
NN' diphényl urée	127,5 (C.)	127,2
NN'N triphényl urée	176,5 (P.)	176,4

Les urées tétrasubstituées ne sont pas rattachables au schéma (I); elles présentent une dépréciation diamagnétique moyenne de 5.10^{-6} environ, beaucoup plus importante que celle de la liaison C=N, mais les déterminations expérimentales sont encore trop peu nombreuses pour permettre, à leur sujet, des déductions structurales certaines. Nous montrerons ultérieurement que de pareilles remarques doivent être faites en ce qui concerne les composés à cycles polyméthyléniques.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de André G. Haudricourt et Louis Hédin intitulé *L'Homme et les Plantes cultivées*, dont il a écrit la Préface.

([2]) *Trans. Far. Soc.*, **33**, 1937, p. 381.
([3]) *Rend. Atti Naz. Accad. Lincei*, **15**, 1932, p. 973.
([4]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 215.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. **Élie Cartan**, **Louis de Broglie**, **Albert Caquot** pour la Division des Sciences mathématiques; **Alfred Lacroix**, **Charles Jacob**, **Emmanuel de Margerie** pour la Division des Sciences physiques sont désignés pour former la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera la liste de candidats à l'une des places vacantes d'Associé étranger.

PLIS CACHETÉS.

M. **Alexandre Braun** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 avril 1944 et enregistré sous le n° 11966.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *L'expression du frottement tangentiel dans les fluides visqueux en période d'échauffement ou de refroidissement.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique, conformément au décret du 20 novembre 1944.

MM. **G. Perrier** et **A. Caquot** sont désignés.

L'**Association des Écrivains combattants** invite l'Académie à se faire représenter à la messe qui sera célébrée le 17 décembre, à onze heures, en l'Église Saint-Louis des Invalides, à la mémoire de ses *Morts des deux Guerres*.

M. le **Président** représentera l'Académie à cette Cérémonie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1944, publiée par le Bureau des Longitudes.

M. **Paul Carnot** prie l'Académie de considérer comme non avenue la lettre par laquelle il lui a demandé de le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Dérivation, intégration et équations différentielles stochastiques.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit $X(t)$ une fonction aléatoire. Nous dirons qu'il y a au point t *continuité locale presque sûre* (pr. s.) si $X(t+\tau)-X(t)$ tend *presque sûrement* vers zéro avec τ. On définit d'une manière analogue la *continuité en probabilité* (pr.), et la *continuité en moyenne quadratique* (m. q.), ou *en moyenne d'ordre* α (m. α). On peut considérer de même différentes définitions, non équivalentes, de la dérivation et de l'intégration stochastiques.

E. Slutsky, J. Kampé de Fériet et d'autres auteurs ont cru pouvoir faire reposer la théorie des fonctions aléatoires sur la notion de la dérivée pr. Nous nous proposons de montrer que cette dérivée ne peut pas rendre les services qu'il est naturel d'attendre d'une dérivée. La notion un peu plus restrictive de dérivée m. q. est à ce point de vue plus intéressante.

Considérons un événement qui, quel que soit le nombre de ses réalisations antérieures, ait une probabilité dt d'être réalisé pendant chaque intervalle de temps élémentaire dt. Soit $X_1(t)$ le nombre de ses réalisations pendant l'intervalle de temps fini $(0, t)$. On sait que

$$\Pr\{X_1(t)=p\}=e^{-t}\frac{t^p}{p!} \qquad (p=0, 1, 2, \ldots).$$

Désignons par $X_2(t)$, $X_3(t)$, ... des fonctions dépendant de la même loi que $X_1(t)$, et indépendantes les unes des autres, et posons

$$(1) \qquad X(t)=a_1X_1(t)+a_2X_2(t)+\ldots+a_nX_n(t)+\ldots,$$

les coefficients a_n étant positifs et leur somme étant finie. On démontre que :

Théorème 1. — *Il y a une probabilité unité que la fonction* $X(t)$ *soit constamment croissante. Pourtant elle a en tout point une dérivée pr.* (*et même pr. s.*), *qui est nulle.*

Cet exemple montre que *la connaissance d'une dérivée pr.* (*ou pr. s.*) *ne permet pas de retrouver par intégration la fonction primitive.* Il montre aussi que la continuité locale pr. (ou pr. s.), et même l'existence d'une dérivée pr. (ou pr. s.), bien définie en tout point, n'empêchent pas que la fonction $X(t)$ puisse être presque sûrement discontinue dans tout intervalle.

En introduisant au contraire la dérivée m. q., on a le

Théorème 2. — *Si une fonction aléatoire* $X(t)$ *admet en tout point une dérivée m. q. qui soit continue m. q., l'intégration m. q. de cette dérivée permet de retrouver l'accroissement de la fonction primitive.*

2. Une *équation différentielle stochastique* (éq. diff. stoch.) est une équation qui définit, en fonction de t, x et δt, la loi de probabilité conditionnelle dont dépend l'accroissement $\delta X(t)=X(t+\delta t)-X(t)$ $(\delta t>0)$, dans l'hypothèse

$X(t)=x$, et cela avec une erreur dont, pour fixer les idées, nous supposerons que, pour δt très petit, elle soit $o(\delta t)$ m. q. Si cette loi dépend en outre du passé, c'est-à-dire des valeurs de $X(u)$ pour $u<t$, l'équation est dite *intégro-différentielle stochastique* (int. diff. stoch.). Un processus est en principe bien déterminé par une telle équation. Mais, comme pour les équations différentielles ordinaires du premier ordre, il peut y avoir des *points de Peano*, à droite desquels il y a indétermination.

Exemple. — Soit $dy/dx=f(x,y)$, avec $f(0,0)=0$, une équation admettant un point de Peano à l'origine; supposons les solutions $y=\varphi(x,c)$, qui s'annulent avec x, bien définies par la valeur initiale de y'', de sorte qu'on peut supposer que c'est cette valeur qu'on a prise pour paramètre $c(y''_0=c)$. Soit $X_1(t)$ une fonction aléatoire bornée, définie par une éq. diff. stoch. pour laquelle $t=0$ soit un point ordinaire, par exemple la fonction du mouvement brownien linéaire. Posons

$$X(t)=\varphi(t,c)+t^3X_1(t).$$

Le paramètre c est défini comme limite (pour $t\searrow 0$) de $2X(t)/t^2$. Il est indéterminé à l'instant $t=0$, mais déterminé si $X(t)$ est connu dans un intervalle très petit $(0,\tau)(\tau>0)$. Ce point $t=X(t)=0$ est un point de Peano pour l'éq. int. diff. stoch. qui régit le processus.

Donnons maintenant, dans le cas des éq. diff. stoch., une condition suffisante pour qu'une valeur t_0 de t ne soit pas point de Peano. A deux déterminations $X_1(t)$ et $X_2(t)$ de $X(t)$, prenant respectivement pour une certaine valeur de t les valeurs x_1 et x_2, correspondent des accroissements ultérieurs $\delta X_1(t)$ et $\delta X_2(t)$; supposons qu'entre $\delta X_1(t)$ et $\delta X_2(t)$ on puisse établir une corrélation telle que

$$\mathfrak{M}\{[\delta X_2(t)-\delta X_1(t)]^2\}\leqq(x_2-x_1)^2\varphi^2(t)\,dt^2. \tag{2}$$

THÉORÈME 3. — *Pour que le point t_0 soit point de Peano à droite, il faut que la différence*

$$\log(t-t_0)-\int\varphi(t)\,dt \tag{3}$$

soit infinie positive avec $1/(t-t_0)$. Si donc, en particulier, l'intégrale de $\varphi(t)$ est finie dans un intervalle (t_0, t_1), l'éq. diff. stoch. étudiée y définit un processus stoch. bien déterminé. Si au contraire la différence (3) est infinie positive, on peut former une éq. diff. stoch. pour laquelle, la formule (2) étant vérifiée, le point t_0 est un point de Peano.

HYDRODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *Sur la répartition du tourbillon dans un écoulement turbulent statistiquement permanent.* Note ([1]) de M. **Roger Brard**, présentée par M. Émile-Georges Barrillon.

Nous avons essayé ([2]) de justifier la loi de la puissance $1/4$ liant, selon H. Gebelein, la vitesse d'agitation locale à la valeur probable du tourbillon local. Un nouvel examen nous a montré que cette justification elle-même n'est pas acceptable. Cependant, si la loi de la puissance $1/4$ doit être rejetée, un résultat demeure concernant la répartition du tourbillon. Nous supposons :

1° qu'au moment de leur naissance, les filets tourbillonnaires ont tous une même intensité très petite $|Y|$, indépendante de la région considérée; nous appellerons ci-après *filets élémentaires* ces filets tourbillonnaires d'intensité $|Y|$;

2° que tout filet tourbillonnaire existant à une époque t provient de l'agglomération d'un certain nombre n de filets élémentaires et admet ainsi une intensité égale à la somme des intensités des filets élémentaires le constituant;

3° que, dans les régions où le tourbillon est intense, les filets élémentaires, en nombre N, qui, à une époque t, sont embrassés une fois et une seule (ou un nombre impair de fois) par un circuit fermé C de dimensions assez réduites, sont de même signe non aléatoire;

4° que la probabilité de l'événement E, consistant en ce que le volume $\delta\omega$ de centre x, y, z contient un filet d'intensité $|Y|$, embrassé une fois et une seule (ou un nombre impair de fois) par un circuit C donné, est de la forme $g(x, y, z)\,\delta\omega$, et que la corrélation entre les événements E_1 et E_2 relatifs à deux volumes $\delta\omega_1$, $\delta\omega_2$ est une fonction très rapidement décroissante de x_2-x_1, y_2-y_1, z_2-z_1;

5° que le coefficient de corrélation $k\{\xi_i, \xi'_j\}$ entre les composantes ξ_i et ξ'_j des tourbillons $\vec{\xi}$, $\vec{\xi'}$ d'origines A, A' est une fonction très rapidement décroissante de $x'-x$, $y'-y$, $z'-z$.

Soit δZ une variante égale à 1, si l'événement E relatif à $\delta\omega$ a lieu, et à zéro en cas contraire. On a

$$E\,\delta Z = g\,\delta\omega \quad \text{et} \quad \sigma^2\,\delta Z = g\,\delta\omega - g^2\,\delta\omega^2.$$

Si donc on pose

$$N^* = \iiint_0^{+\infty} k\{\delta Z(\delta\omega_1),\, \delta Z(\delta\omega_2)\}\, d(x_2-x_1)\, d(y_2-y_1)\, d(z_2-z_1),$$

on a

$$EN = \iiint E\,\delta Z = \iiint_\Omega g\,d\omega, \qquad \sigma^2 N = \sigma^2 \iiint \delta Z = 8N^* \iint_\Omega g\,d\omega.$$

([1]) Séance du 27 novembre 1944.

([2]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 144.

Dans ces conditions, la circulation $\Gamma = \text{NY}$ le long de C vérifie

$$\frac{\sigma^2\Gamma}{|\text{E}\Gamma|} = 8\text{N}^*\text{Y} = \text{const.} \qquad \text{(indépendante de C).}$$

Supposons C plan et normal à ox et soit S l'aire qu'il limite. On a $\Gamma = \iint_{\text{S}} \xi_x \, dy \, dz$. Posons

$$\text{S}^\star_{xx} = \iint_{-\infty}^{+\infty} k\{\xi_x(y_1, z_1), \xi_x(y_2, z_2)\} \, d(y_2 - y_1) \, d(z_2 - z_1).$$

Si $\text{S} \gg \text{S}^\star_{xx}$, et si, cependant, S est assez petit pour que

$$\iint_{\text{S}} \text{E}\xi_x \, dy \, dz = \text{S}\,\text{E}\xi_x$$

et que

$$\iint_{\text{S}} \sigma^2\xi_x \, dy \, dz = \text{S}\sigma^2\xi_x,$$

il vient

$$|\text{E}\Gamma| = \text{S}\,\text{E}\xi_x, \qquad \sigma^2\Gamma = \text{S}^\star_{xx}\text{S}\sigma^2\xi_x,$$

d'où

$$\frac{\sigma^2\xi_x}{|\text{E}\xi_x|} = \frac{8\text{N}^*}{\text{S}^\star_{xx}}\text{Y} = \text{const.} \qquad \text{(indépendante de } x, y, z\text{).}$$

Cette relation constitue la *loi de la puissance 1/2"*.

Elle subsisterait si Y était aléatoire, pourvu que EY et σ^2 Y soient constants, et que la corrélation entre les intensités Y_1, Y_2 de deux filets élémentaires appartenant à un même tube tourbillon soit une fonction très rapidement décroissante de la différence de leurs distances à l'axe du tube. N'^* étant un nombre pur, on aurait alors, en effet,

$$\frac{\sigma^2\Gamma}{|\text{E}\Gamma|} = 8\text{N}^*\text{EY} + 2\text{N}'^*\frac{\sigma^2\text{Y}}{\text{EY}} = \text{const.} \qquad \text{(indépendante de C).}$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la suppression des approximations successives dans la méthode de Lagrange-Andoyer de détermination des orbites paraboliques.* Note de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans la méthode de détermination des orbites paraboliques de Lagrange-Andoyer (H. Andoyer, *Cours de Mécanique céleste*, t. 1, p. 164), pour connaître les distances géocentriques ρ, ρ_1, ρ_2 d'une comète aux trois dates données, on est amené à résoudre le système d'équations qu'on écrit sous la forme

$$(1) \qquad lg\rho - l_1 g_2\rho_1 + l_2 g_1\rho_2 - \text{M} = \text{N} = 0 \qquad (l = \lambda, \mu, \nu : \text{M} = \text{A, B, C; N} = \text{U, V, W}).$$

En désignant par X_0, Y_0, Z_0 trois quantités arbitrairement choisies, on

résout par rapport à ρ_1 et ρ_2 les deux équations qui résultent des précédentes par les combinaisons

$$UY_0 = UX_0; \qquad UZ_0 = WX_0; \tag{2}$$

il vient alors

$$\rho_1 g_2 = a_1 \rho g + b_1 + \frac{c_1}{r^3}; \qquad \rho_2 g_1 = a_2 \rho g + b_2 + \frac{c_2}{r^3}, \tag{3}$$

où les quantités a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2 sont des rapports des déterminants, dont les quatre derniers dépendent des quantités M définies par les relations

$$M = R' + \frac{R''}{r^3}; \ (R = X, Y, Z). \tag{4}$$

H. Andoyer (*op. cit.*, p. 168) remarque qu'à la vérité, ne connaissant pas les quantités M, il suffit de se servir de leurs valeurs approchées pour obtenir une méthode légitime d'approximations successives sous forme indiquée par l'auteur.

En prenant alors pour la première approximation

$$X_0 = X, \qquad Y_0 = Y, \qquad Z_0 = Z, \tag{5}$$

et connaissant ensuite les valeurs plus exactes des g, g_1, g_2, on détermine M par les formules générales

$$M = gR - g_2 R_1 + g_1 R_2 \qquad (R = X, Y, Z); \tag{6}$$

puis, ayant choisi cette fois X_0, Y_0, Z_0 proportionnelles aux $M = A$, B, C trouvées, on recommence les calculs par les formules (3) simplifiées, étant donné que les quantités b_1, b_2, c_1, c_2 deviennent zéro puisque l'on a

$$|X_0 l_2 R'| = |X_0 l_1 R''| = 0, \qquad (l = \lambda; \ R = X). \tag{7}$$

Nous avons (*Comptes rendus*, 215, 1942, p. 220) donné certaines relations, et il en existe d'autres encore que l'on trouve par dérivation, reliant les quantités M.

Il est donc clair que, même si les intervalles des temps d'observations ne sont pas suffisamment petits, on peut, d'après les relations (3) de ma précédente Note, prendre au début des calculs, pour X_0, Y_0, Z_0, ou, ce qui revient au même, pour les quantités A, B, C, simplement

$$A = 1; \qquad B = \operatorname{tang} A_0; \qquad C = \operatorname{tang} A_0 \operatorname{tang} \varepsilon; \tag{8}$$

A_0 étant l'ascension droite du Soleil pour la date du milieu et ε étant l'obliquité de l'écliptique.

Dans ce cas il vient, pour déterminer ρ_1, ρ_2, les deux équations

$$\rho_1 g_2 = \frac{|M l l_2|}{|M l_1 l_2|} \rho g; \qquad \rho_2 g_1 = \frac{|M l l_1|}{|M l_1 l_2|} \rho g; \tag{9}$$

avec

$$\begin{pmatrix} M=1, & \tang A_0; & \tang A_0 \tang \varepsilon, \\ l=\lambda, & \mu, & \nu. \end{pmatrix}$$

Les deux derniers termes des équations (3) disparaissent dès le début de la première approximation. Une grande partie des calculs, notamment ceux des quantités $\check{X}'$, Y', Z', ..., par les formules (1) peu précises, puis le calcul des quantités M par les formules (4) et (6), ainsi qu'une approximation par l'ensemble de formules de la méthode telle qu'elle est exposée par H. Andoyer, ne sont plus nécessaires, car les coefficients a_1 et a_2 des équations (3) ne changent pas dans la suite.

Enfin, étant donné que, dès le début du calcul, on tombe sur des valeurs exactes de ρ, ρ_1, ρ_2 et r, et qu'ainsi on a de suite les valeurs assez exactes de g, g_1, g_2, les calculs ne sont alors plus à recommencer.

L'emploi pour chaque orbite des constantes (8) place ainsi la méthode de Lagrange-Andoyer, par sa simplicité, sa rapidité et la précision du calcul, au premier rang parmi les méthodes de détermination des orbites paraboliques des comètes.

ASTROPHYSIQUE. — *Détermination de la température de couleur des étoiles à l'aide d'un dispositif utilisant la dispersion rotatoire.* Note de MM. **Junior Gauzit** et **Paul Proisy**, présentée par M. Charles Fabry.

Pour évaluer la température des étoiles par une mesure photométrique d'égalisation de couleur, on a employé jusqu'ici des filtres colorés permettant de faire varier la température apparente de couleur de l'étoile ou de la lampe étalon. Il est facile de montrer que, si l'on admet, en première approximation, la loi de Wien pour les deux rayonnements à comparer, le coefficient d'absorption des filtres doit être fonction linéaire de $1/\lambda$, λ étant la longueur d'onde. J. Wilsing (1) s'est servi d'un coin rouge, placé sur le faisceau stellaire, réalisant avec une bonne approximation la condition précédente. Pour éviter de réduire l'intensité de la lumière stellaire et, par suite, la précision des mesures, malaisées en lumière trop faible, c'est devant la lampe étalon que B. Fessenkoff (2) a placé un coin bleu, mais celui-ci ne donnait que grossièrement la variation désirée. Ch. Fabry (3) a montré que l'on obtient un résultat satisfaisant en plaçant une cuve à sulfate de cuivre ammoniacal devant la lampe de comparaison, et il a réalisé ainsi quelques déterminations.

---

(1) Formule (6) de ma précédente Note.

(1) *Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Postdam*, 24, n° 76, 1920.

(2) *Astronomische Nachrichten*, 236, 1929, p. 297.

(3) *Œuvres choisies publiées à l'occasion de son jubilé scientifique*, 1938, p. 428.

Nous nous sommes proposé de déterminer les températures stellaires par la méthode colorimétrique du *leucoscope*, préconisée par I. G. Priest [4]. Nous rappelons brièvement son principe : la lumière d'une source à distribution spectrale connue traverse une lame mince de quartz, taillée perpendiculairement à l'axe, placée entre deux nicols; les nicols et la lame forment un filtre, dont la transmission spectrale est bien déterminée et peut être modifiée par rotation des nicols [5]. Si la source étalon et l'épaisseur du quartz sont convenablement choisies, la distribution spectrale de la lumière, après traversée du *leucoscope*, est, pour tout angle des sections principales des nicols, celle d'un corps noir, dans la région visible du spectre. Pour réaliser une température apparente élevée, il est nécessaire de placer à la suite l'un de l'autre deux filtres de ce genre.

Nous avons fait des mesures par cette méthode au sidérostat de l'Observatoire de Lyon. Les deux plages d'un cube de Lummer sont éclairées, en lumière parallèle, par les faisceaux provenant de l'étoile et de la lampe étalon; cette dernière est une lampe à filament rectiligne de tungstène dans le vide, alimentée par un courant constant; le faisceau parallèle de la lampe traverse successivement deux lames de quartz d'épaisseur $0^{mm},5$, placées chacune entre deux nicols. Les plages sont examinées au moyen d'un oculaire, qui projette les images de l'étoile et du filament sur la pupille de l'œil. L'égalisation de couleur des plages est facilitée par une égalisation simultanée d'éclairement, obtenue par un procédé de gradation neutre (nicols et diaphragmes).

Le montage est complété par un dispositif de spectrophotométrie visuelle, qui nous permettra, du moins pour les étoiles brillantes, de comparer le rayonnement stellaire à celui d'un corps noir et de mesurer, en même temps, l'absorption atmosphérique, dont la connaissance est nécessaire pour l'interprétation des résultats.

Une réduction provisoire de nos mesures nous donne, par exemple, les températures de couleur T suivantes :

			T°K.
pour α Lyræ,	du type	A 0	21 000
» α Persei,	»	F 5	11 000
» α Aurigæ,	»	G 0	6 100
» α Tauri,	»	K 5	3680

L'erreur des déterminations croît très rapidement avec la température; ainsi elle n'est que de $\pm 25°$ dans le cas de α Tauri, mais pour α Lyræ il y a incertitude entre 17000°K. et 30000°K.

(4) *Journal of the Optical Society of America*, 7, 1923, p. 1175.

(5) Un dispositif analogue se trouve dans le photomètre astronomique de Zöllner, mais, mal combiné, il ne donne aucune précision dans l'évaluation des couleurs et n'a pratiquement servi qu'à faciliter les mesures d'intensité.

CHALEUR. — *Sur la convection naturelle par les fils.*
Note de M. **Charles Bory**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous nous proposons d'apporter, dans cette Note, quelques compléments à une étude déjà publiée sur le même sujet [1]. Le phénomène de convection envisagé s'obtient en chauffant un fil tendu horizontalement suivant l'axe d'un cylindre protecteur en carton : le milieu soumis à la convection est le manchon cylindrique d'air compris entre le fil et l'enceinte protectrice. Le fil est porté à une température t_1, le courant de refroidissement est alimenté par la masse d'air située à la partie inférieure du tube et dont un fil de platine, placé dans cette région, permet de mesurer la température t_0. Le flux de chaleur dissipé par convection est caractérisé par le *coefficient linéaire de convection*, que nous définissons par la formule $h = w/(t_1 - t_0) = w/\theta$ en posant $\theta = t_1 - t_0$; w est la puissance dissipée par unité de longueur du fil, θ est l'échauffement.

h est fonction de θ, du diamètre d du fil, et de la température t_0. Le diamètre du tube protecteur, grand par rapport à d, n'intervient que fort peu ; au cours de toutes nos expériences il est resté égal à 5^{cm}. Nous avons, dans notre premier Mémoire, étudié avec quelques détails les variations de h en fonction de θ et en fonction de d, nous allons maintenant donner quelques éléments de ses variations en fonction de t_0.

Pour mener à bien cette étude il était nécessaire de maintenir θ constant, avec une grande précision, au cours des mesures où t_0 variait. Nous avons pour cela utilisé un dispositif de pont de Wheatstone ABDC. Sont disposés : en AB le fil en expérience, en AE le fil mesurant la température t_0 ; ces deux fils sont en platine et tirés de la même bobine, leurs résistances sont

$$r_1 = r_0(1 + \alpha t_1) \quad \text{et} \quad r'_1 = r'_0(1 + \alpha t_0).$$

Les résistances ρ et ρ' des branches BC et DC satisfont à la condition $r_0 \rho' = r'_0 \rho$. En ED se trouve une résistance fixe x. Les fils AE et ED, en série, forment la branche AD du pont. On voit facilement que, lorsque le pont est équilibré, on a la relation

$$x = \frac{r_0 \rho'}{\rho} \alpha (t_1 - t_0) = c\theta \qquad \text{en posant } c = \frac{r_0 \rho'}{\rho} \alpha ;$$

ayant choisi x pour obtenir la valeur désirée de θ, on règle le courant dans le fil AB pour équilibrer le pont. On effectue alors les mesures nécessaires à la détermination de h. Laissant x constant on recommence les mêmes opérations pour différentes valeurs de t_0.

Ce système, qui pourrait être utilisé pour maintenir constante la différence de température entre deux enceintes isothermes dans un montage thermostatique quelconque, doit être compliqué un peu pour s'adapter aux conditions

---

(1) Bory, *Thèse*, Toulouse, 1943 ; *Pub. sc. et techn. du Min. de l'Air*, série grise, fasc. 189.

de nos mesures, et aussi pour tenir compte du fait que la loi de variation avec la température de la résistivité du platine n'est pas absolument linéaire.

Le diamètre du fil de platine que nous avons utilisé était de 77 microns; nous avons opéré pour les échauffements $\theta = 5$, 10, 25, 50, 100, 200 et 400°; t_0 a varié en moyenne de 20 à 100°. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Pour les plus faibles échauffements utilisés, h passe par un minimum pour une certaine valeur de t_0; ce minimum est d'autant plus accentué que l'échauffement est plus faible. Voici, par exemple, les résultats obtenus pour $\theta = 10°$:

t_0........	17,8	27,5	40,8	49,1	59,8	74,4	82,3	95,4
$h.10^4$.....	3,641	3,635	3,597	3,547	3,597	3,710	3,789	4,370

h est mesuré en watt cm^{-1} degré $^{-1}$.

Lorsque l'échauffement augmente, la température pour laquelle se produit le minimum se déplace vers les températures décroissantes et elle finit par sortir du champ des températures t_0 sur lesquelles portent les expériences. On peut admettre les résultats suivants :

Pour θ.............	5	10	25	50	100
$(t_0)_m$..........	50	46	30	12 ([2])	0 ([2])

Nous mettons ainsi en évidence un phénomène prévu théoriquement par M. Vernotte, qui avait déjà obtenu, dans certaines de ses expériences, un coefficient de convection décroissant avec la température t_0 ([3]). Mais le minimum, pour un même système convectif, n'avait pas encore été observé expérimentalement, croyons-nous.

2° Pour les échauffements de 5 et 10° nous avons obtenu, pour chaque température t_0, deux valeurs du coefficient de convection. Au cours d'une expérience, h prend au hasard l'une de ces deux valeurs et, dans l'état actuel de notre technique, nous ne disposons d'aucun moyen permettant d'obtenir l'une plutôt que l'autre. Nous confirmons ainsi un résultat que nous avions déjà signalé ([1]), mais sur lequel nous n'avions pas pu être absolument affirmatif. L'existence de deux déterminations pour h nous avait d'abord fait croire que nous avions atteint l'infra-régime convectif prévu par M. Vernotte, et que lui-même et ses collaborateurs ont cherché à mettre en évidence. En réalité il n'en est rien : nous n'avons pas le cas, usuel en mécanique des fluides, des deux régimes successifs stables, l'un au-dessus d'un certain critérium de vitesse ou d'échauffement, l'autre au-dessous, mais bien deux solutions stables l'une et l'autre dans un même intervalle de température. Le choix entre ces deux solutions se fait sous l'action d'influences fortuites agissant au cours de la

---

([2]) Résultats obtenus par extrapolation.

([3]) VERNOTTE, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1245.

période transitoire alors que l'échauffement est très petit. Par la suite la solution obtenue se maintient par continuité lorsqu'on fait varier θ. Nous obtenons ainsi, dans un cas plus compliqué, un phénomène du genre des phénomènes d'hydraulique à l'étude desquels nous avons participé sous la direction de M. Camichel ([1]).

THERMODYNAMIQUE. — *Calcul des consommations d'énergie dans les systèmes de moteurs primaires fonctionnant à charge variable.* Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

La recherche des conditions optima de fonctionnement d'un moteur primaire isolé ou d'un système de moteurs primaires interconnectés électriquement, rend nécessaire le calcul de la consommation d'énergie pour chaque courbe de charge réelle ou probable d'un réseau. En vue de l'utilisation pratique de ces calculs de consommation, il est intéressant de mettre les résultats sous une forme aussi simple que possible, ne contenant que des paramètres caractéristiques du système moteur considéré et des facteurs de charge caractéristiques de la courbe de charge à réaliser.

Nous avons étudié ce problème pour des machines fonctionnant à vitesse constante (centrales électriques) et pour des machines fonctionnant à vitesse variable (locomotives à vapeur, électriques, Diesel-électriques). Dans tous les cas nous avons trouvé que, pour une vitesse donnée, la courbe de consommation horaire d'énergie en fonction de la puissance pouvait être assimilée soit à une droite, soit à une parabole du second degré, avec une grande approximation.

Moteurs à vitesse constante. — Dans le cas où la consommation d'énergie C en calories par heure, à la charge constante de W kilowatts, est de la forme $C = C_0 + C_1 W$, il est facile de montrer que la consommation spécifique moyenne correspondant à la courbe de charge $W = \Phi(t)$, dans l'intervalle de o à T, est égale à la consommation spécifique correspondant à la charge moyenne $W_n = \int_0^T W(dt/T)$.

Nous avons vérifié cette proposition dans un certain nombre d'usines, notamment l'Usine à gaz pauvre de Tours de l'ancienne Compagnie d'Orléans (*Génie Civil*, 4 avril 1914).

Dans le cas où la consommation d'énergie C en calories par heure à la charge constante W est de la forme $C = C_0 + C_1 W + C_2 W^2$, il est facile de montrer que la consommation totale de chaleur pendant la marche à charge variable $W = \Phi(t)$ dans l'intervalle de o à T est une fonction linéaire de deux facteurs de charge

$$f_1 = \int_0^T \frac{W}{W_e}\frac{dt}{T} \quad \text{et} \quad f_2 = \int_0^T \left(\frac{W}{W_e}\right)^2 \frac{dt}{T}$$

([1]) C. Camichel, Teissié-Solier et Bory, *ibid.*, **218**, 1944, p. 816.

et est exprimée par la formule $C = C_0 T(1 + \alpha f_1 + f_2)$, dans laquelle W_e est la puissance correspondant à la consommation spécifique minimum, C_0 et α des paramètres caractéristiques du groupe de moteurs considéré. L'Union d'Électricité a bien voulu appliquer ma méthode au calcul de la consommation des Centrales thermiques interconnectées de la Région parisienne, pendant l'année 1942, et elle a trouvé que l'emploi d'une parabole moyenne et de la méthode indiquée n'introduisait qu'une erreur de 0,4 %. Dans cette application on avait

$$C_e = 97{,}5.10 \text{ calories par heure}, \qquad W_e = 231\,000 \text{ kW}, \qquad \alpha = 6{,}6862;$$
$$f_1 = 1{,}2, \qquad f_2 = 1{,}919.$$

Moteurs à vitesse variable. — Dans le cas des locomotives nous avons montré (*Bull. Association Internationale Chemins de fer*, février 1933) que la considération de réseaux de courbes d'équirendement permettait de calculer commodément la consommation, en marche, des machines, bien que la consommation horaire d'énergie à régime constant fût fonction à la fois de la puissance W et de la vitesse V : $C = \varphi_0(V) + W\varphi_1(V) + W^2\varphi_2(V)$. La courbe de charge doit être considérée, elle aussi, comme une fonction du temps et de la vitesse, et les facteurs de charge définissant l'allure de la courbe de charge seront des intégrales définies de fonctions de la vitesse et du temps.

Dans le cas particulier, qui se rencontre dans la pratique, où les fonctions φ_0, φ_1, φ_2 peuvent se mettre sous la forme simple suivante, contenant huit paramètres,

$$\varphi_0^{(V)} = a_1 V + a_2 V^2 + a_3 V^3, \qquad \varphi_1(V) = b_0 + b_1 V + b_2 V^2, \qquad \varphi_2(V) = C_0 + C_1 V;$$

il est facile de montrer que la consommation d'énergie dans l'intervalle de 0 à T est une fonction linéaire de huit facteurs de charge, que l'on peut mettre sous la forme suivante :

$$f_1 = \int_0^T \frac{W}{W_e}\frac{dt}{T}, \qquad f_2 = \int_0^T \left(\frac{W}{W_e}\right)^2 \frac{dt}{T},$$
$$g_1 = \int_0^T \frac{V}{V_e}\frac{dt}{T}, \qquad g_2 = \int_0^T \left(\frac{V}{V_e}\right)^2 \frac{dt}{T}, \qquad g_3 = \int_0^T \left(\frac{V}{V_e}\right)^3 \frac{dt}{T},$$
$$h_1 = \int_0^T \frac{W}{W_e}\frac{V}{V_e}\frac{dt}{T}, \qquad h_2 = \int_0 \frac{W}{W_e}\left(\frac{V}{V_e}\right)^2 \frac{dt}{T}, \qquad h_3 = \int_0^T \left(\frac{W}{W_e}\right)^2 \frac{V}{V_e}\frac{dt}{T}.$$

Les lois de variation de W et V en fonction du temps t peuvent être déterminées soit par application des méthodes de résolution des équations du mouvement d'un train, exposées dans notre Ouvrage *La traction électrique et le Chemin de fer*, tome 1, chapitre VII, soit par utilisation des relevés de chronotachymètres enregistreurs, installés sur toutes les machines, complétés par les indications fournies par le profil de la ligne; W_e et V_e sont les valeurs de la puissance et de la vitesse correspondant à la consommation spécifique minimum à régime constant.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le poudrage électrique des végétaux.* Note de MM. **Marcel Pauthenier, Georges Truffaut, Maurice Dubois** et **Pierre Hampe**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'application que nous étudions ici dérive des résultats suivants :

1° On sait ([1]) qu'une particule isolante sphérique de rayon a et de pouvoir inducteur spécifique $\varepsilon = 4$ (valeur moyenne) prend, dans un champ ionisé E_0, une charge $q = 2E_0 a^2$. Quand cette particule arrive dans un champ nul, elle conserve sa charge, car le champ électrique superficiel est $\mathcal{E} = (q/a^2) = 2E_0$. Pour des valeurs usuelles telles que $E_0 = 3000$ V/cm, $\mathcal{E}$ est très inférieur au champ disruptif de l'air (supérieur à 31 kV/cm pour un corps de petit rayon).

2° Les tiges herbacées et les feuilles des végétaux se comportent comme des volumes équipotentiels reliés à la terre, et les poussières électrisées qui passent au voisinage de leur surface sont attirées par leur image électrique dans cette surface. Il résulte d'une étude précédente ([2]) qu'une particule abandonnée à la distance x d'une paroi verticale dans l'air de viscosité ζ met le temps

$$\theta = \frac{8\pi\zeta}{4E_0^2}\left(\frac{x}{a}\right)^3$$

pour se fixer sur la paroi. D'ordinaire la particule isolante reste en partie chargée et adhère pour des raisons d'abord électriques; les propriétés de la surface végétale suffisent généralement à rendre ensuite l'adhérence définitive.

Les temps θ sont à vrai dire de l'ordre de la seconde pour des parcours de l'ordre du millimètre; mais les microtourbillons au voisinage des feuilles suffisent à accélérer la fixation, avec une probabilité d'autant plus grande que la particule est plus fine et sa densité plus faible. L'expansion spontanée du système des particules chargées, dont la vitesse est de l'ordre des cm:s, contribue aussi au résultat.

Nous avons fait au laboratoire les expériences très démonstratives suivantes, après avoir réalisé une poudreuse du type agricole usuel : un alignement de trous laisse tomber par percussion une poudre fine (silice, talc, kieselguhr) qui passe au voisinage d'un fil fin porté à haute tension négative. Ces poudres sont utilisées en agriculture comme support de matière active.

1° Sans tension la poussière qui arrive au sol est irrégulièrement répartie et présente de nombreux amas. Avec tension le précipité est fin et régulier, tous les amas ayant éclaté par effet électrostatique.

2° A l'aplomb du fil haute tension sont suspendues des plaques d'aluminium verticales. Toutes choses égales d'ailleurs le précipité fixé sur les plaques fut

([1]) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 213.
([2]) M. Pauthenier, *Bull. Soc. Fr. Élect.*, 6e série, 1, 1941, p. 577.

trouvé, suivant la nature de la poudre, de 8 à 40 fois plus abondant avec tension que sans tension.

3° Sur les feuilles végétales, mêmes circonstances de fixation abondante pour les poussières ionisées, avec cette circonstance particulièrement favorable pour des feuilles non verticales que la poudre se fixe sur les deux faces. La finesse de la poudre, séparée électriquement, favorise son adhérence.

Dans le cas de feuilles verticales pointues (Céréales), la distance entre le fil haute tension et les pointes doit être suffisante pour que les pointes ne donnent pas de contre-émission positive, sinon l'effet désiré serait empêché. Cette condition est du reste facile à réaliser.

MAGNÉTISME. — *Propriétés ferromagnétiques des composés* $MnNi^3$ *et* Fe^3C. Note de M. **Charles Guillaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. *Composé* $MnNi^3$. — Les alliages de manganèse, de titre compris entre 57 et 85 % at. Ni environ, sont paramagnétiques à l'état trempé et ferromagnétiques à l'état recuit. Nous nous sommes proposé l'étude magnétique du composé $MnNi^3$, qui présente, parmi ces alliages, le plus fort ferromagnétisme.

Sa préparation a été réalisée au four haute fréquence, sous atmosphère

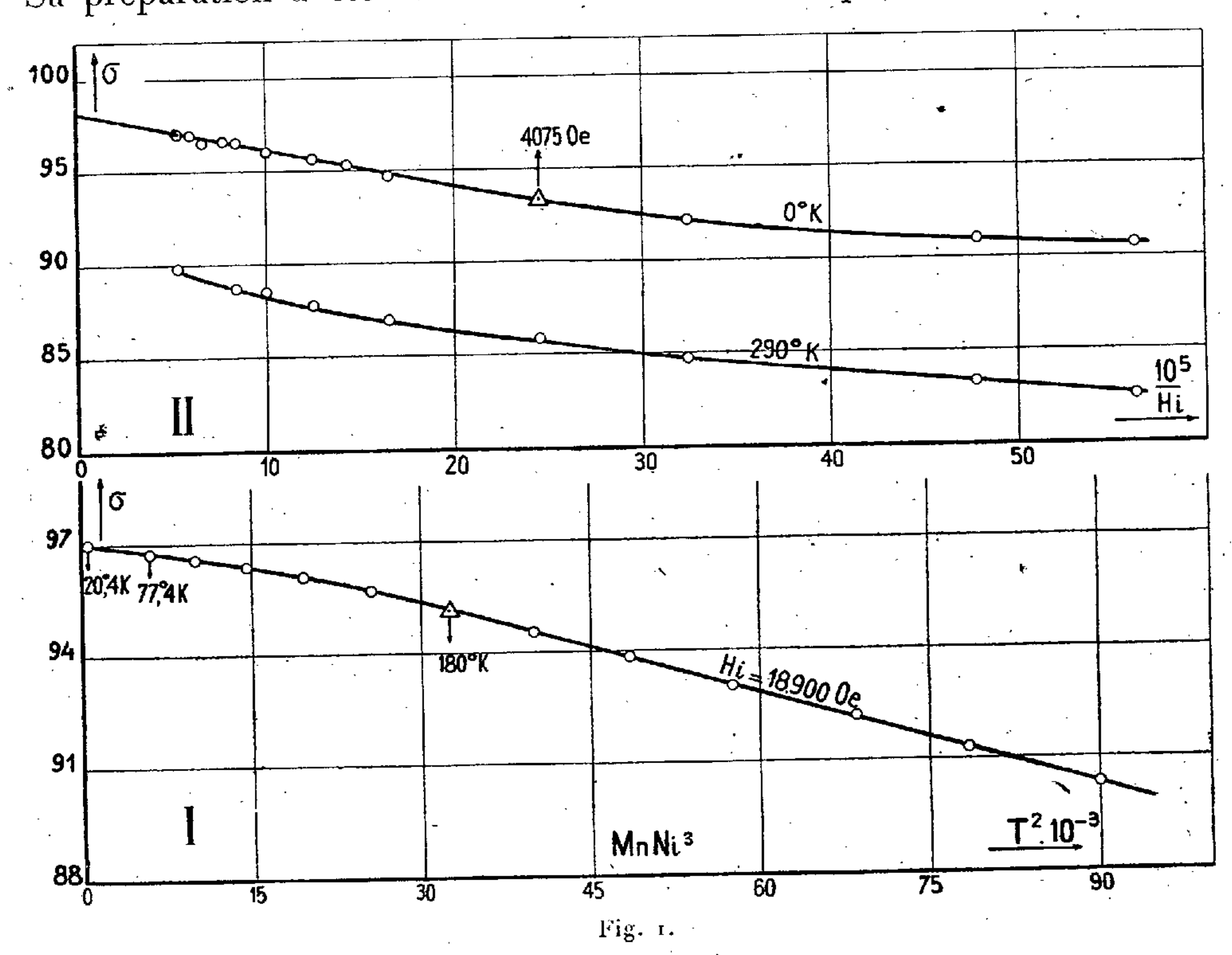


Fig. 1.

d'argon, en partant de manganèse distillé (99,98 %) et de nickel Mond (99,76 %), fondus dans un creuset d'alumine. Nous avons constaté qu'il fallait recuire les

alliages pendant trois semaines environ à 470° C. pour que l'aimantation atteigne son maximum. Nos mesures ont été effectuées sur des échantillons recuits pendant ce laps de temps.

A 480° C. $MnNi^3$ n'est plus ferromagnétique, la chute de l'aimantation s'étage sur 10° environ, et les phénomènes ne sont pas complètement réversibles; l'alliage reste en effet paramagnétique ou légèrement ferromagnétique, suivant la vitesse de refroidissement, en revenant à $t < 480°$ C. En cas de ferromagnétisme, l'aimantation spontanée réapparaît à 480° C., d'où l'existence simultanée très probable d'un point de Curie et d'un point de transformation.

L'aimantation spécifique en fonction de T^2 est représenté par la courbe I (*fig.* 1). Les courbes II (*fig.* 1) donnent les lois d'approche en fonction de $1/H_i$ (H_i champ intérieur). A la température ordinaire la loi n'est pas linéaire; mais,

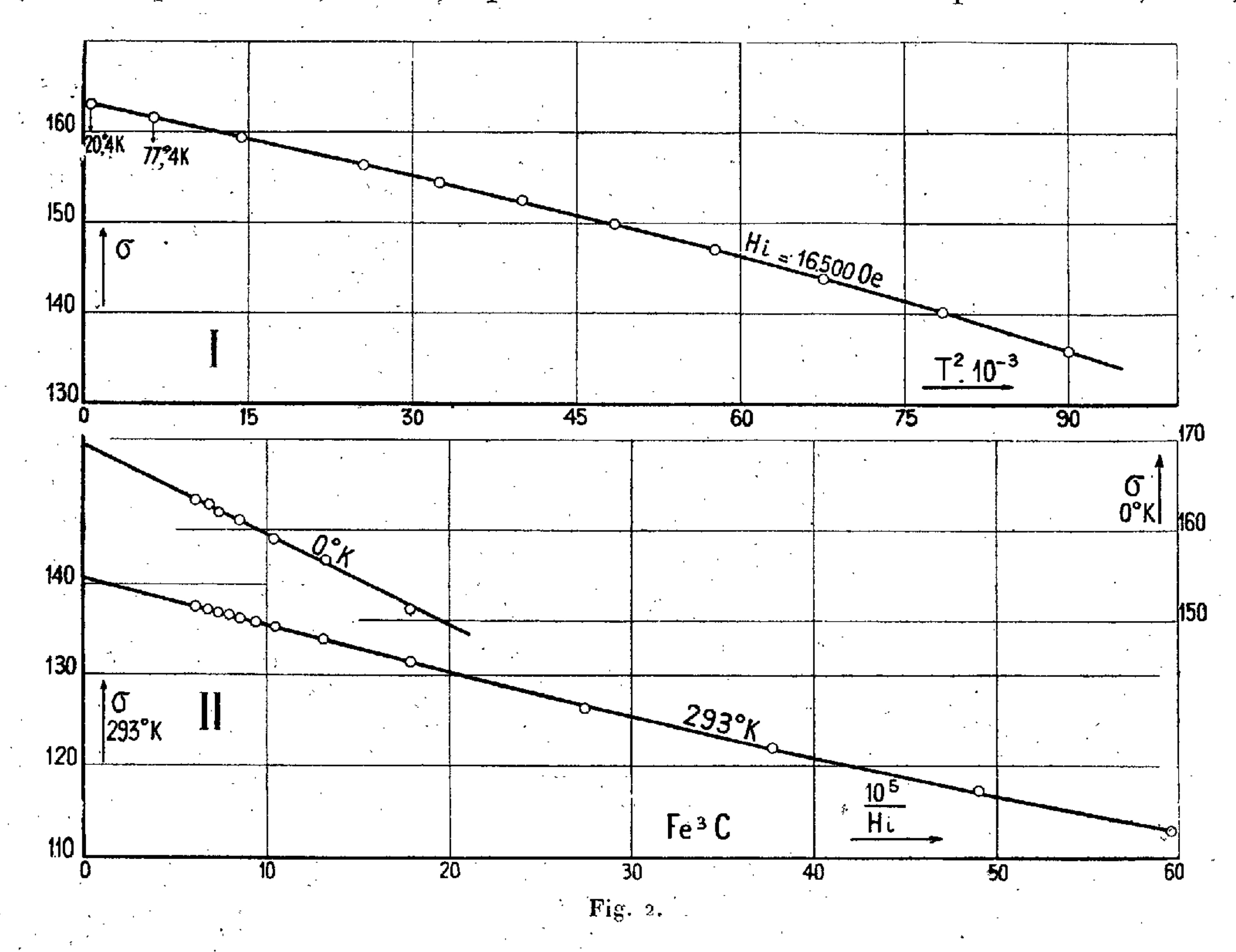


Fig. 2.

à partir de 80° K. environ, dans les champs forts, la relation $\sigma_H = \sigma_\infty(1 - a/H)$ est valable.

La courbe du moment à saturation en fonction du titre montre que c'est pour l'alliage correspondant au composé $MnNi^3$ que le moment est le plus élevé avec un maximum aigu. Nous trouvons pour ce dernier composé

$$\sigma_{\infty, 0°K} = 98,16.$$

II. *Cémentite* Fe^3C. — L'étude des propriétés magnétiques de la cémentite a

été faite par P. Weiss et R. Forrer ([1]) sur un échantillon contenant 90,55 % de fer au lieu des 93,32 théoriques. Nous avons repris ce travail sur un échantillon très pur préparé par M. Travers.

La figure 2 montre que la loi d'approche en $1/H_i$ est valable pour les champs forts et que l'on peut convenablement représenter la variation de σ en fonction de T par $\sigma_T = \sigma_{0^\circ K}(1 - AT^2 - \ldots)$. Nous trouvons pour la saturation absolue

$$\sigma_{\infty, 0^\circ K} = 169,3.$$

D'où l'on déduit, pour la fraction de la molécule contenant 1 atome de fer, $\sigma_{at} = 10130,9$; en divisant par 1125,6, on obtient, dans ce cas particulier, un nombre entier de magnétons de Weiss ($n = 9,00$).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Enregistreurs statistiques asservis.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons indiqué ([1]) le principe des enregistreurs statistiques à plusieurs degrés de liberté qui, soumis à l'action d'une grandeur physique $f(t)$, donnent des courbes de la forme

$$\theta_p = K\alpha^p e^{-\alpha t} \iint \ldots \int e^{\alpha t} f(t)\,(dt)^p + (P_1 + P_2 t + \ldots + P_p t^{p-1})\, e^{-\alpha t},$$

α désignant l'inverse de la constante de temps principale τ de chaque élément; p, le rang de l'équipage considéré; $P_1, P_2, \ldots, P_p$, des constantes.

Le même principe peut être appliqué à un ensemble de n circuits électriques, comportant condensateurs (ou self-inductances) et résistances, couplés de telle façon que l'action de $f(t)$ s'exerce sur le circuit de rang p par l'intermédiaire des $(p-1)$ circuits qui le précèdent et que l'action du courant du circuit de rang p n'affecte pas sensiblement le courant du circuit de rang $(p-1)$.

La multiplication des équipages ou des circuits amortis couplés permet, par la réduction de la constante de temps de chaque élément, d'abréger la durée de l'enregistrement des phénomènes transitoires provoqués par les brouillages éventuels et d'obtenir une stabilité plus grande de l'équilibre (en particulier du zéro).

Dans le même ordre d'idées, la combinaison de systèmes oscillants mécaniques et de circuits électriques peut être effectuée, et un enregistreur à deux degrés de liberté a été réalisé par l'adjonction au circuit électrique d'un enregistreur statistique simple comprenant la source à enregistrer et l'enroulement du cadre mobile, d'un condensateur électrolytique de plusieurs

---

([1]) *Ann. de Phys.*, **12**, 1929, p. 344.

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 548.

milliers de microfarads, monté en dérivation sur l'enroulement et conférant au circuit une constante de temps de valeur convenable.

Un enregistreur statistique, asservi à la vitesse angulaire $d\theta/dt$ de son équipage mobile, a été également réalisé en application d'un principe exposé dans une Note antérieure ([2]). Nous nous sommes proposé d'obtenir notamment, avec cet appareil, un enregistrement $\theta(t)$ satisfaisant à l'équation différentielle

$$\tau^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\tau \frac{d\theta}{dt} + \theta = k f(t),$$

qui est sensiblement l'équation du mouvement ([3]) du second équipage d'un enregistreur statistique à deux degrés de liberté ([1]) de constantes de temps τ_1 et τ_2 égales à τ, et dont le premier équipage est soumis à l'action de $f(t)$.

Soit $\Sigma\Gamma$ l'ensemble des couples passifs auxquels est soumis l'équipage mobile de l'appareil,

$$\Sigma\Gamma = B_0\theta + B_1 \frac{d\theta}{dt} + B_2 \frac{d^2\theta}{dt^2},$$

B_0 désignant le couple directeur par radian de l'équipage; B_1, le coefficient d'amortissement (supposé proportionnel à la vitesse angulaire); B_2, le moment d'inertie par rapport à l'axe.

L'asservissement consiste à ajouter au couple actif $\nu f(t)$ un couple $g(t)$ tel que

$$\nu f(t) + g(t) = \Sigma\Gamma.$$

Le couple d'asservissement a donc pour expression

$$g(t) = B_0\theta + B_1 \frac{d\theta}{dt} + B_2 \frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{\nu}{k}\left(\tau^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\tau \frac{d\theta}{dt} + \theta\right).$$

La condition $\nu = kB_0$ étant remplie,

$$g(t) = -(2B_0\tau - B_1)\frac{d\theta}{dt} - (B_0\tau^2 - B_2)\frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

L'équipage, à suspension unifilaire, comprend trois cadres, montés sur un axe vertical commun, pouvant se déplacer dans les entrefers d'un électro-aimant. Le cadre supérieur, dont l'enroulement est parcouru par le courant à enregistrer, produit, sous l'action du champ magnétique, le couple actif $\nu f(t)$. Le cadre inférieur porte deux enroulements identiques, qui sont chacun le siège d'une force électromotrice induite e, proportionnelle à la vitesse angulaire $d\theta/dt$ de l'équipage. Les forces électromotrices e provoquent dans les deux

---

([2]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 825.

([3]) Équation du mouvement d'un système oscillant simple, de période propre $T = 2\pi\tau$, réglé à l'apériodicité critique (pour $\tau = 50$ secondes, $T = 314$ secondes).

enroulements identiques du cadre central ([4]), par l'intermédiaire de circuits et de tubes électroniques appropriés montés symétriquement, la circulation d'un courant proportionnel à

$$(2B_0\tau - B_1)e + (B_0\tau^2 - B_2)\frac{de}{dt},$$

produisant le couple d'asservissement $g(t)$ nécessaire pour obtenir l'enregistrement recherché.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Existence probable d'une particule de masse* 990 m_0 *dans le rayonnement cosmique.* Note ([1]) de MM. **Louis Leprince-Ringuet** et **Michel Lhéritier.**

Nous avons pris, au cours de l'année 1943, dans le laboratoire de Largentière (Hautes-Alpes) situé à 1000^{m} d'altitude, une série de 10000 clichés de trajectoires cosmiques commandées par compteurs. Les rayons, filtrés par 10^{cm} de plomb, traversaient une chambre de Wilson de 75^{cm} de hauteur, placée dans un champ magnétique H de 2500 gauss environ. Nous nous sommes placés dans les conditions expérimentales les plus favorables [discutées précédemment ([2]), ([3]), ([4])] pour profiter au mieux des clichés de collision entre particules pénétrantes et électrons du gaz de la chambre, dans le but de déterminer la masse au repos de la particule incidente.

Nous avons obtenu une dizaine de clichés intéressants. Le plus remarquable représente une collision dans le gaz pour laquelle d'excellentes conditions sont réalisées : le secondaire fait avec le plan médian de la chambre un angle ζ tel que $\tang\zeta = 0{,}32$ et son rayon de courbure projeté ($1^{cm},6$), ainsi que la flèche dont il s'écarte du primaire sont mesurables avec précision. Le $(H\rho)$ du primaire $= 1{,}7 \times 10^6$ gauss $\times$ cm. La formule de collision élastique donne pour le primaire, qui est positif, la masse au repos

$$\mu_0 = 990 \pm 12\ \% \text{ (limites extrêmes de l'erreur)} \quad (^5).$$

La masse ainsi obtenue peut surprendre. Les indications suivantes, qui donnent des garanties de la validité de la mesure, nous ont poussés à publier ce résultat.

([4]) Les enroulements sont doublés et montés de façon que la somme des ampères-tours produits par le courant des tubes électroniques soit pratiquement annulée à l'état de repos.

([1]) Séance du 17 juin 1944.

([2]) L. Leprince-Ringuet, S. Gorodetzky, E. Nageøtte, R. Richard-Foy, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 382; *Phys. Rev.*, **59**, 1941, p. 460; *Journal de Physique*, **2**, 1941, p. 63.

([3]) R. Richard-Foy, *Comptes rendus*, **213**, 1941; *Cahiers de Physique*, 2e série, 1942, p. 65.

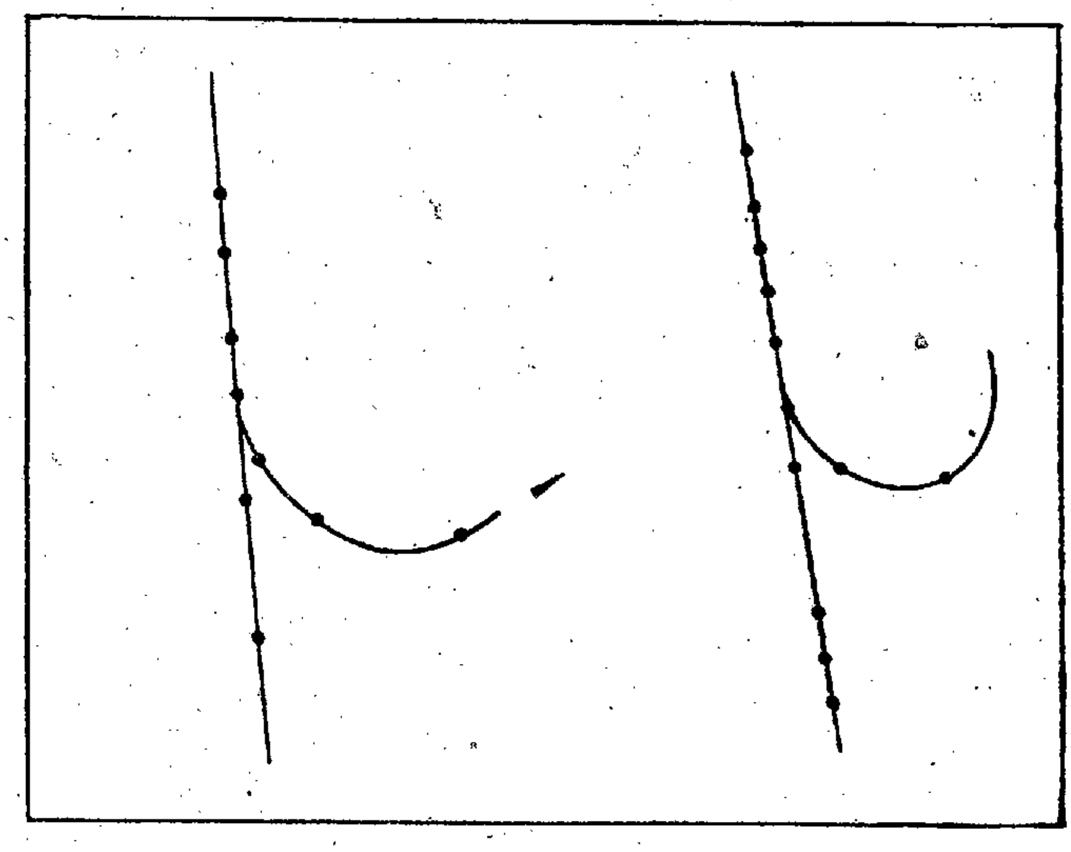
([4]) S. Gorodetzky, *Thèse*, Paris, 1942; *Ann. de Physique*, **19**, 1944, pp. 5-70.

([5]) Nous n'avons pas tenu compte de l'erreur que peut introduire une courbure naturelle des trajectoires, due à la diffusion coulombienne; cette erreur peut être de l'ordre de 5%.

1° Il ne peut y avoir, dans l'ensemble de notre expérience, de grossière erreur : en effet nous sommes conduits, pour déduire la masse des données du cliché, à effectuer deux opérations successives : tout d'abord lire sur l'abaque de Richard-Foy ([3]) la valeur d'une quantité Z fonction seulement des données du *secondaire* et de la valeur du champ; ensuite calculer la masse μ_0 par la relation $\mu_0 = Z(\rho_1/\rho_0)$, ρ_1 étant la projection du rayon de courbure du *primaire*, sur le plan perpendiculaire au champ, et ρ_0 la quantité ρ_0 cm $= 1700/H$ gauss : le primaire n'intervient que dans cette seconde opération.

Or certains clichés, notamment six clichés remarquables, donnent des collisions avec un secondaire se présentant dans de bonnes conditions, mais avec un primaire trop peu courbé pour pouvoir être mesuré. Ces clichés, inutilisables pour fournir une valeur de la masse, sont du plus haut intérêt pour donner une confirmation de la méthode et de la validité de l'expérience. Ils doivent en effet donner un Z voisin de zéro, puisque le rapport ρ_1/ρ_0 est alors parfois supérieur à 10000 et que μ_0 ne peut dépasser plusieurs milliers. On trouve ce résultat sur l'abaque à partir des données mesurées du secondaire, et de la valeur du champ : les limites extrêmes trouvées pour Z encadrent bien la valeur zéro, de façon parfois extrêmement précise. Or ceci n'est possible que si d'une part la collision est élastique, et si d'autre part il n'y a pas d'erreur grave sur les mesures.

2° De grandes précautions ont été prises pour s'assurer du caractère secondaire de l'électron éjecté (notamment stéréoscopie triple) et pour obtenir une restitution dans l'espace donnant les meilleures garanties d'exactitude et de séparation.



Dessin stéréoscopique de la collision.

3° Le cliché donnant la masse 990 se présente particulièrement bien : des erreurs même notables sur la mesure de la flèche, sur celle de l'angle d'éjection

dans l'espace et sur la valeur du champ affecteraient à peu près linéairement la valeur de la masse, ce qui est le cas le plus favorable. On pourrait supposer, pour expliquer ce résultat, que le secondaire a subi, peu après le choc, une diffusion notable invisible à l'œil; mais ce ne peut être le cas : même si l'on supposait une diffusion brusque de 6 degrés au départ (ce qui serait fort improbable), la valeur de la masse ne serait à modifier que de 80 unités.

4° Signalons enfin que trois autres collisions, observées dans la série de nos clichés, permettent d'encadrer la valeur de la masse du mésoton normal, sans toutefois autoriser, à cause de la valeur élevée du moment réduit ou de l'imprécision sur la flèche, une mesure précise de sa masse.

En résumé, nous possédons une mesure se rapportant à une particule positive de masse $(990 \pm 12\ \%)\, m_0$. On peut remarquer que cette valeur est à peu près quadruple de celle du mésoton normal; une particule ayant une masse moitié de celle du proton (925) entrerait d'ailleurs aussi dans l'intervalle de nos mesures; cela sous réserve que la collision soit élastique, fait que nous ne pouvons naturellement pas affirmer pour le cliché envisagé, mais qui est vérifié pour tous les autres clichés remarquables présentant une collision à primaire peu courbé dans la même série d'expériences, sous réserve également que les charges électriques des particules incidente et heurtée soient celles de l'électron, ce qui est probable; la charge double de l'une des particules est exclue par l'observation de l'ionisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un anhydride* trans-*annulaire : l'anhydride de l'acide mésodihydroanthracènedicarboxylique.* Note ([1]) de M. **Jean Mathieu**, présentée par M. Marcel Delépine.

La formation des anhydrides *trans*-annulaires dans les cycles hexagonaux soulève certaines particularités stéréochimiques. Ainsi l'acide hexahydrotéréphtalique *cis* (I) donne facilement l'anhydride interne ([2]) (II), parce que, si

(I) (II) (III) (IV) (V)

l'on se réfère au modèle de Sachse, le cycle peut prendre la configuration incurvée (III), qui rapproche les deux carboxyles au point que la cyclisation a lieu sans tension. Il n'en est pas de même pour l'acide dihydro-1.4 téréphta-

([1]) Séance du 23 octobre 1944.

([2]) R. Malachowsky et Jankiewiczówna, *Ber. d. chem. Ges.*, 67, 1934, p. 1783.

lique (IV), à cause de la rigidité introduite dans la structure par la double configuration éthylénique. Ici les carboxyles sont notablement écartés l'un de l'autre; leur rapprochement n'est pas sans entraîner une tension préjudiciable à la stabilité de l'anhydride.

Mais, conformément à une règle fréquente, l'accolement de noyaux benzéniques a pour effet de stabiliser les structures. On doit donc penser que les anhydrides benzologues, celui de l'acide dihydro-1.4 naphtalènedicarboxy-

(VI) (VII) (VIII) a : X = C b : X = O

lique-1.4 (V), et surtout celui de l'acide dihydro-9.10 anthracènedicarboxylique-9.10 (VI), doivent être plus stables.

Ces remarques se rattachent au problème plus général des cyclisations *endo*. Or, à cet égard, la structure anthracénique s'est montrée privilégiée pour ce qui est de son mésocycle; si l'on en juge expérimentalement par l'addition diénique ([3]) (VIII_a), ou par la photooxydation ([4]) (VIII_b), la déformation du mésocycle n'entraînerait que peu de tension, même pour les endocycles à deux chaînons seulement. *A fortiori* l'endocyclisation à trois chaînons de l'anhydride doit-elle entraîner une moindre déformation et, par suite, une stabilité accrue de la structure endocyclique, donc de la fonction anhydride.

En fait, alors que les anhydrides des acides dihydrotéréphtalique (IV) et dihydronaphtalènedicarboxylique (V) n'ont pas encore été obtenus, à notre connaissance, nous avons constaté, conformément à nos prévisions, que l'anhydride interne (VII) de l'acide mésodihydroanthracène dicarboxylique se formait facilement et était un corps stable.

On le prépare avec de bons rendements à partir de l'isomère, F 283°, par action de l'anhydride acétique à l'ébullition. Le produit recristallisé dans le dioxane anhydre fond à 233-234°. Sa masse moléculaire, trouvée par la méthode de Rast, est 264 au lieu de 250 théorique; il est donc monomoléculaire, ce qui fixe bien sa constitution d'anhydride interne.

D'autre part l'hydrolyse alcaline ramène à l'acide primitif.

L'acide isomère, F 380°, donne également ce même anhydride, mais il le donne plus difficilement; il exige, en effet, un chauffage plus prolongé et une plus grande quantité d'anhydride acétique. De plus, il n'est pas régénéré par

([3]) E. Clar, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 2194.

([4]) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 422.

hydrolyse, puisque c'est l'autre isomère qui en résulte. La formation de l'anhydride s'accompagne donc d'une isomérisation pour le second des acides.

Ces faits peuvent nous permettre de conclure, comme dans le cas des acides maléique et fumarique, que l'isomère F 283° est la forme *cis*, et l'isomère F 380°, la forme *trans*. Nous confirmons par là l'opinion émise par Bergmann et Weizmann (⁵) d'après le moment dipolaire des esters méthyliques.

En ce qui concerne la stabilité du nouvel anhydride, sans être comparable à celle de l'anhydride phtalique qui se forme par simple chauffage de l'acide, elle est indéniable, comme le montre la résistance à l'hydratation par l'humidité atmosphérique, même après un temps prolongé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'Action du bromure de phénylmagnésium sur les azanthracènes-α*. Note de M. **André Étienne**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réaction du bromure de phénylmagnésium sur l'azanthraquinone-α fournit, en plus du diquinol attendu ([1]), deux produits inconnus n'ayant pas leur équivalent dans la série anthracénique. En vue de rechercher la participation à leur production de l'azote intranucléaire, j'ai examiné le comportement du réactif de Grignard sur l'azanthracène-α simple ou aza-1 anthracène.

En solution éthérée ordinaire, à froid, le bromure de phénylmagnésium ne paraît pas réagir, sans doute parce que le composé d'addition (I) formé tout

(I) (II) R=H (III) R=Cl (IV) R=H (V) R=Cl (VI) R' = -CO CH₃ (VII) R' = -NO (VIII) (IX)

d'abord, se détruit lors du traitement par l'eau. Il n'en est plus de même en présence de benzène où il se forme, à froid, un composé stable, fondant à 188°, répondant, par sa composition et ses caractères, à la formule d'un phénylazanthracène ($C^{19}H^{13}N$). Il s'introduirait ainsi un phényle par substitution.

Cette réaction s'explique d'elle-même si l'on considère l'azote d'un noyau

(⁵) *J. Cl. Amer. Soc.*, **60**, 1938, p. 1801.

([1]) André Étienne, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 694.

pyridinique comme formant une sorte de groupement iminé cyclique, —CH=N—, donc apte, d'après M. Busch ([2]), à fixer le réactif de Grignard par addition à la double liaison et à donner des corps de type —CHR—NH—. C'est effectivement ce qui a été observé pour la pyridine et la quinoléine ([3]), mais non sans difficultés (il faut chauffer à 150°), parce que les doubles liaisons d'un cycle aromatique, tel que celui de la pyridine, n'ont pas leur réactivité habituelle.

Par analogie, on doit admettre que le phényle s'est fixé en 2 sur l'aza-1-anthracène. Toutefois le produit d'addition devrait être non pas le phényl-2 aza-1anthracène (IV), mais son dihydrure en 1.2 (II). Or, quelles qu'aient été les précautions prises, ce produit n'a pu-être isolé. Cette perte spontanée d'hydrogène à froid différencie l'azanthracène de ses benzologues inférieurs, pyridine et quinoléine, plus encore peut-être que la grande facilité de la réaction de l'organométallique. K. Ziegler et H. Zeiser ([4]), en effet, ont signalé, dans la réaction du phényllithium sur la quinoléine, la formation d'un dihydrure de phénylquinoléine partiellement stable qui a été déshydrogéné par une oxydation au nitrobenzène.

La réaction décrite ne pouvait être considérée comme entièrement éclaircie tant que le sort de la molécule d'hydrogène resterait indéterminé. Le dérivé chloré en 9 de l'aza-1anthracène a fourni les précisions voulues à cet égard. Phénylé sans précautions contre l'air et la lumière, il donne, directement lui aussi, le phényl-2chloro-9aza-1anthracène ($C^{19}H^{12}NCl$) (V), F 157°. Le dihydrure intermédiaire (III) ($C^{19}H^{14}NCl$) n'a pu être isolé à l'état cristallisé, mais on a obtenu un certain nombre de dérivés de cette amine secondaire : dérivé acétylé stable (VI) ($C^{21}H^{16}ONCl$), F 170°; dérivé nitrosé (VII) ($C^{19}H^{13}ON^2Cl$), F 120-125°, moins stable; picrate, F 144°, se différenciant du picrate du produit déshydrogéné, F 148°, par une couleur et des solubilités différentes. Si l'on essaye d'isoler la base secondaire à partir de ces dérivés, on n'aboutit qu'à l'obtention du produit déshydrogéné. Cette déshydrogénation se fait par oxydation, soit par les oxydants (acide arsénique, benzoquinone, litharge), soit par autoxydation. La lumière solaire accélère fortement l'oxydation déshydrogénante à l'air. Mais l'irradiation prolongée provoque des transformations plus profondes, caractéristiques des corps anthracéniques, à savoir la dimérisation et l'oxydation en quinone. C'est ainsi que l'on obtient le *bis*-(phényl-2chloro-9aza-1anthracène) (VIII), F 282°, et la phényl-2 aza-1anthraquinone ($C^{19}H^{11}O^2N$) (IX), F 167°. La réduction de cette quinone par le zinc et le chlorure de zinc en phényl-2aza-1anthracène et l'examen des spectres d'absorption justifie la structure azanthracénique des produits finaux obtenus.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 2691.
([3]) F. W. Bergstrom et S. H. Mc Allister, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2845.
([4]) *Lieb. Ann.*, 485, 1931, p. 174.

Une incertitude peut cependant subsister sur la position exacte du groupement substituant : la position 2 est la plus vraisemblable, d'après les résultats antérieurement acquis, mais cependant la possibilité de fixation en 4 par addition 1.4 ne doit pas être exclue.

En conséquence, dans le cas de l'azanthracène, on est autorisé à penser qu'il se fait le dihydrure, mais celui-ci est beaucoup plus instable que ses analogues de la pyridine et de la quinoléine, sans doute parce que le système résonnant de l'azanthracène est lui-même beaucoup plus stable.

ACTINOMÉTRIE. — *Radiation solaire et échauffement de la surface du sol.* Note de M. **Marcelin Godard**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous précisons dans la présente Note l'ampleur des variations de la température de la surface du sol *in situ* sous l'action d'intensités différentes de la radiation solaire.

Dispositif expérimental. — Deux parcelles en sol de limon non cultivé furent ombragées de juin à août 1943 par deux écrans horizontaux en tissu plus ou moins lâche, laissant passer respectivement 50 et 35 % de la radiation globale. Ces écrans, tendus à $0^m,60$ au-dessus du sol afin d'avoir une action négligeable sur les mouvements de l'air, étaient mis en place pendant les périodes non pluvieuses et seulement du lever au coucher du soleil; une autre parcelle servant de témoin recevait la pleine radiation. Les quantités d'énergie d'origine solaire reçues par chacune des parcelles étaient déduites des enregistrements d'un solarigraphe de Gorczynski et exprimées en calories-gramme. La température à la surface du sol était indiquée par un thermomètre disposé sur le sol et dont le réservoir était recouvert d'une couche mince de terre fine selon la technique préconisée par A. Angot.

Résultats. — De manière générale, si l'on considère les températures atteintes par la surface du sol, celles-ci sont d'autant plus élevées que la radiation reçue est plus intense. Ainsi, en juin par exemple, pour les journées d'observation au cours desquelles le maximum moyen noté sous abri est égal à 21°,2, la moyenne des maxima à la surface du sol atteint 41°,3 pour la parcelle normalement insolée. Elle s'élève à 31°,1 et à 25°,5 pour les parcelles ayant reçu respectivement 50 et 35 % de la radiation globale incidente.

L'amplitude de l'oscillation thermique diurne (différence max.-min.) est toutefois la donnée physique qu'il convient de considérer plus particulièrement pour caractériser l'échauffement de la surface du sol sous l'action de la radiation solaire. Les amplitudes relatives à chaque parcelle ont donc été comparées aux sommes correspondantes d'énergie solaire reçues par le sol entre le lever du soleil et 13^h, époque de la journée où se produisent les maxima pour l'ensemble des parcelles. Le tableau ci-après fournit les éléments de cette comparaison pour l'une des journées d'observation, caractérisée par un temps clair et chaud

(max. sous abri 31°; vent faible à modéré). Cette journée coïncide avec la fin de la période de sécheresse qui marqua le printemps et l'été.

Radiation globale et amplitude thermique diurne.
(Versailles, 30 juillet 1943.)

	Témoin.	Parcelle recevant 50 % de la radiation.	Parcelle recevant 35 % de la radiation.
Radiation reçue par le sol du lever du soleil à 13h T. M. G. Total en cal-g/cm²............	353	177	123
Température de la surface du sol (°).			
minimum	14,2	13,2	12,3
maximum	53,0	40,7	36,0
amplitude	38,8	27,5	23,7
Élévation de température pour 1 cal-g reçue (°).	0,11	0,15	0,19

On voit que les amplitudes sont d'autant plus grandes que sont plus élevées les quantités de chaleur reçues. Toutefois, il n'y a pas de proportionnalité entre les amplitudes et les sommes de calories, comme on l'observerait dans le cas d'un système thermiquement isolé. Pour une quantité de chaleur solaire correspondant à 1 cal.-g., l'élévation de température résultante est d'autant plus faible que l'intensité de la radiation reçue par le sol est plus grande. Or la température prise par la surface, si elle dépend des gains de chaleur, dépend aussi des pertes. La variation observée dans le taux d'échauffement montre que ces dernières prennent une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que, la radiation solaire augmentant d'intensité, la température de la surface du sol s'élève davantage, ce qui tend à déterminer l'exagération des pertes de chaleur due à la convection thermique notamment et au rayonnement.

Une variation analogue est observée au cours de la journée avec l'augmentation progressive de la radiation globale avec la hauteur du soleil; c'est au début de la matinée qu'est noté le plus grand accroissement de température pour une calorie reçue. Pour la parcelle normalement insolée, il atteint 0°,27 par calorie entre le lever du soleil et 9 heures. Plus tard, l'écart thermique entre les couches d'air et la surface du sol augmente considérablement en raison de la température plus élevée prise par cette dernière sous l'action de la radiation plus intense, l'air au contraire ne s'échauffant pas sensiblement sous l'action directe du rayonnement solaire en raison de son pouvoir diathermane. D'autre part, en raison de la température élevée atteinte par la surface, le gradient thermique entre cette dernière et les couches sous-jacentes tend à prendre une plus grande valeur absolue. Dans ces conditions, les pertes de la surface dans le sol par conduction et vers l'atmosphère par convection et rayonnement prennent une importance relative croissant avec la radiation reçue. Le taux d'échauffement tend alors à diminuer et, pour le témoin, ce dernier ne s'élève plus qu'à 0°,042 pour une calorie reçue entre 9h et 13h.

En résumé, par suite même du déterminisme des pertes calorifiques, celles-ci tendent à modérer l'échauffement de la surface du sol d'autant plus énergiquement que la radiation solaire est plus intense. Les amplitudes augmentent moins vite que les sommes de calories reçues, de sorte qu'il n'y a pas de proportionnalité entre ces deux dernières grandeurs.

La diminution de l'intensité de la radiation, en réduisant l'importance des pertes de chaleur, est partiellement compensée par une plus grande élévation de température pour une calorie reçue. Aussi en été, l'ensemble des observations permet de conclure qu'une intensité de la radiation correspondant à 35 % seulement de la radiation globale normale détermine une amplitude de l'oscillation diurne atteignant encore 60 % de celle observée à la surafce du sol pleinement insolé. Pour les trois mois d'observation, le contraste thermique résultant s'est traduit à 5^{cm} de profondeur par une diminution de la température journalière de 4°,3.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la structure des chloroplastes.* Note de M. **Pierre Dangeard.**

La question de la structure des chloroplastes a été longtemps controversée. A la suite des travaux de Heitz (1936-37), J. Doutreligne (1935), Beauverie (1938), Weier (1938), on tend aujourd'hui à abandonner l'idée de l'homogénéité des chloroplastes : ceux-ci renfermeraient de très petits éléments imprégnés par la chlorophylle, les *grana*, au sein d'un stroma incolore. Cependant des obscurités subsistent au sujet de l'existence générale des *grana*, de leur forme, de leur nature chimique et de leurs relations avec le stroma; en outre l'existence d'une membrane autour des chloroplastes est encore matière à discussion.

Nous avons eu en vue 1° de vérifier l'existence des *grana* par méthode vitale; 2° de mettre en évidence les *grana* par les méthodes histologiques de fixation suivies de coloration; 3° de les caratériser chimiquement; 4° de rechercher leur existence dans les leucoplastes. Nous avons étudié pour cela principalement les Mousses (*Mnium*, *Atrichum*, *Hookeria* etc), diverses Monocotylédones (*Agapanthus*, *Eucomis*, Ornithogale, Iris, *Tradescantia*, Orchidées indigènes etc.) et Dicotylédones (Belladone, Betterave, *Rumex*, *Hydrocotyle*). Dans les Mousses, particulièrement dans les diverses espèces du genre *Mnium* et dans le *Hookeria lucens*, les *grana* sont très visibles *in vivo* dans les cellules intactes; leur forme est variable et ils ne sont pas uniformément sphériques, mais parfois en bâtonnets, même vus de face; d'autre part ils sont conservés par le carmin-acétique et aussi par des fixateurs variés tels que l'alcool absolu, le liquide de Nawaschine, de Bouin-Hollande. Après ces fixations ils peuvent être colorés par l'hématoxyline et ils se retrouvent avec une grande netteté dans les préparations. La méthode de Regaud permet aussi de les conserver, mais plus difficilement et, pour une raison ignorée, elle fait apparaître souvent les chloro-

plastes homogènes, comme l'avait d'ailleurs constaté Guilliermond (1931). La fixation par la méthode de Regaud confère encore très souvent aux chloroplastes une structure très finement alvéolaire, les alvéoles correspondant sans doute aux *grana* non colorés. Enfin nous avons pu colorer et mettre en évidence des *grana*, dans certains cas, par la méthode de Regaud, non seulement chez des Mousses, mais encore chez des Plantes Supérieures. D'autres fixations mitochondriales (Helly, Benda-Meves) conservent les *grana* et permettent souvent de les colorer dans de bonnes conditions.

Les *grana* varient non seulement dans leur forme, mais encore dans leur taille, dans leur nombre et dans leur répartition; ce ne sont pas des éléments à disposition superficielle, comme l'avait admis Beauverie, mais ils siègent dans toute l'étendue du plaste, assez régulièrement distribués d'ordinaire, mais parfois inégalement distants les uns des autres; ils diffèrent aussi fréquemment dans un même chloroplaste par la taille et l'affinité pour les colorants : assez souvent un ou plusieurs *grana* se distinguent des autres par leur taille et leur caractère plus chromatique.

On a pu penser que les *grana* étaient de petites gouttelettes lipidiques dans lesquelles la chlorophylle aurait été dissoute. Cependant, comme nous l'avons montré, ils se colorent par l'hématoxyline après diverses fixations, et ils ne réduisent pas spécialement l'acide osmique; ils sont conservés après l'action de l'alcool absolu; le passage au xylol et à la benzine dans le montage des préparations ne les altère pas et laisse intacte leur propriété de fixer les colorants (fuchsine, hématoxyline); ils ne sont pas spécialement réfringents, et l'eau iodée les colore en jaune brun; les *grana* ont probablement, comme le stroma lui-même, une constitution lipo-protéidique.

Les *grana* représentent une structure vitale; cela paraît hors de doute après les observations de Heitz et de J. Doutreligne; cependant certaines distinctions sont à établir. Chez les Mousses, dont les feuilles minces sont très favorables à l'observation, les *grana* sont faciles à observer dans les cellules intactes; dans les feuilles des Plantes Supérieures les *grana* s'observent dans les cellules bien vivantes à cyclose conservée, mais leur visibilité s'accentue dans toutes les cellules altérées et plus ou moins nécrosées; parfois la présence des *grana* ne peut être affirmée que dans les cellules ayant subi un commencement d'altération; la mise en évidence des *grana* répond alors à ce qu'on appelle parfois un *artefact vital.*

Les auteurs admettent en général que les *grana* sont le support de la chlorophylle et des pigments associés, tandis que le stroma serait incolore. Cependant cette manière de voir nous paraît insuffisamment fondée. Chez des Mousses comme les *Mnium*, ou chez une Ornithogale, il nous paraît impossible d'affirmer que les *grana* sont les seuls éléments colorés à l'exclusion du stroma; l'impression est même tout à fait inverse, et pourtant les *grana* sont relative-

ment gros et suffisamment distincts ([1]). La question mérite donc d'être réservée à notre avis, et il en est de même de l'opinion de Heitz, d'après laquelle les *grana* seraient, non de petites sphérules, mais des disques; l'action des réactifs qui amènent une contraction des plastes fait apparaître, il est vrai, les *grana* comme des bâtonnets ou de petits filaments, mais ce résultat semble dû à une déformation et non obligatoirement à une présentation de profil de *grana* discoïdes. La forme des *grana* nous paraît être susceptible de variations suivant les plantes et suivant les cellules. La forme discoïde serait assez fréquente, mais elle n'aurait nullement un caractère de généralité.

Les leucoplastes, dans les quelques exemples où leur taille est suffisante pour justifier une étude de la structure (Orchidées indigènes), ne nous ont montré aucun *grana* soit par l'étude vitale, soit par l'emploi des méthodes histologiques. Cette particularité de structure pourrait donc être caractéristique des chloroplastes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essais de printanisation de diverses Céréales.* Note de M. **Roger David**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que la printanisation consiste à faire passer une plante par certaines phases avant les semailles, de façon à modifier l'époque de la période de reproduction. De nombreux essais ont été effectués, sur les céréales, à l'étranger et surtout en Russie. En France, le Blé a fait l'objet de divers essais ([1]). Nous avons cherché à printaniser, non seulement une variété de cette espèce, mais encore d'autres Céréales, et nous avons expérimenté dans deux régions de notre pays nettement différentes, la région parisienne et la région provençale. Dans la région de Marseille, nous avons essayé de printaniser le Blé, l'Orge et le Maïs. Dans la région parisienne, nos essais ont porté, non seulement sur les mêmes céréales, mais aussi sur d'autres, Seigle et Avoine. Le froid a été expérimenté sur toutes les espèces avec des durées variables. Le traitement par la chaleur a été essayé sur le Maïs dont on pouvait supposer que le thermostade nécessite des températures plus élevées. Tous ces traitements ont été effectués à l'obscurité.

Les résultats ont été analogues dans les deux régions expérimentées :

Le *Blé Vilmorin* 27, semé sans traitement préalable le 24 mars à Marseille, le 14 avril à Paris et le 28 avril à Bellevue, n'arrive pas à épiaison; les plantes restent acaules, elles produisent un grand nombre de feuilles groupées sur une dizaine de tiges restées excessivement courtes. Après avoir subi le traitement de printanisation (eau 37 %, germination

([1]) Ce problème a fait l'objet d'un travail de Jungers et Mme Doutreligne dans *La Cellule*, 1941-43, 49, pp. 407-418; ces auteurs concluent à une localisation de la chlorophylle dans les *grana*.

([1]) M. Friedberg, *C. R. Acad. Agric. France*, 20, 1934, p. 220; H. Geslin et J. Servy, *ibid.*, 20, 1934, p. 335.

à 10°C. environ pendant 1 ou 2 jours, puis à 2°C. pendant 1, 2, 3 ou 4 mois) les plantes sont arrivées normalement à l'épiaison. Une observation quotidienne nous a montré que l'épi est déjà différencié (2 à 3^{mm} de long), 1 mois 1/2 après le semis, alors que le chaume axial est, seul encore, développé et long de 7 à 12^{cm} (suivant la durée du traitement). Les feuilles, moins nombreuses que chez les témoins, sont beaucoup plus larges (7 à 10^{mm} au lieu de 4 à 6^{mm}). Le nombre des talles produisant des épis varie de 1 à 5. Toutefois, quelle que soit la durée du traitement, les rendements ont été un peu inférieurs à ceux du Blé semé avant l'hiver. La taille de ces derniers a été égale ou supérieure à celle des sujets printanisés. Si l'on modifie le traitement en fournissant aux grains toute l'eau qu'ils peuvent absorber, les plantules s'accroissent davantage que celles printanisées avec 37 % d'eau. L'intensité respiratoire pendant le traitement est supérieur à celui de ces dernières. Après le semis, les premiers entrenœuds se développent aussi plus rapidement; le tallage est plus précoce ainsi que la différenciation des épis. Mais la taille des plantes adultes après la fructification est inférieure à celle des autres sujets printanisés avec une même durée de traitement. Le rendement est sensiblement augmenté, ainsi que le poids moyen des grains. L'augmentation de la quantité d'eau pendant le traitement entraîne donc une plus grande activité métabolique se traduisant par un accroissement de la précocité de l'épiaison, de la floraison et de la fructification. Les chaumes, plus hâtivement formés, sont de taille réduite, mais les rendements sont augmentés.

L'*Orge carrée d'hiver*, semée dans les mêmes conditions et aux mêmes dates que le Blé, donne des résultats analogues. La printanisation (eau 33 %; 2 à 3 jours à 10°C., puis à 2°C. pendant 1, 2, 3, 4 mois) provoque l'épiaison, qui ne se produit pas chez les témoins. Ces derniers possèdent 11 à 15 tiges rudimentaires portant de nombreuses feuilles de 6^{mm} de largeur, tandis que les sujets traités possèdent 4 à 7 talles (portant chacun un épi) dont les feuilles atteignent 8 à 12^{mm}. La taille des plantes adultes varie peu quelle que soit la durée du traitement. Il en est de même du rendement en grains.

Le *Seigle d'hiver des Vosges*, semé le 6 avril à Meudon, n'arrive pas à former de chaume ni à épier, tandis que les sujets traités (eau 45 %; 5 à 6 jours à 10°C. pendant 1 mois 1/2, 2 mois 1/2, 3 mois 1/2) montent et forment normalement leurs épis. Le rendement est sensiblement le même quelle que soit la durée du traitement essayé.

L'*Avoine grise d'hiver*, semée le 14 avril à Paris et le 28 avril à Bellevue, est arrivée à produire des épis, même sans traitement mais avec un retard considérable sur les sujets printanisés (eau 40 %; 5 à 8 jours à 10°C., puis à 2°C. pendant 2, 3, 4 mois). Ainsi, 1 mois 1/2 après le semis, alors que les sujets traités ont déjà développé une tige principale de 10^{cm} environ de longueur, constituée par 5 entrenœuds bien développés terminée par un épi déjà différencié et long de 4 à 9^{mm}, le témoin ne possède qu'une tige axiale rudimentaire de 8^{mm} de long terminée par un bourgeon non encore différencié en épi. A cette époque, le nombre des feuilles est beaucoup plus grand chez les témoins (une vingtaine) que chez les sujets printanisés (10 à 15 environ). La largeur du limbe est, par contre, plus grande chez ces derniers (10 12^{mm}) que chez les témoins (7 à 8^{mm}). Ces différences s'atténuent par la suite, mais sont encore très sensibles chez la plante adulte, dont la taille est inférieure à celle des sujets printanisés. Ainsi, avec cette espèce, qui monte en semis tardif, on obtient, dans les conditions de l'expérience, une augmentation du rendement et du poids moyen des grains.

Le *Maïs*, traité par le froid (eau 30 %; 7 jours à 16°C., puis à 3° pendant 1 mois), possède une tige principale qui s'allonge d'abord un peu plus rapidement que celle des témoins et donne un épi mâle terminal 5 jours avant ces derniers, qui continuent donc à s'accroître jusqu'à la formation de cet épi. De sorte que les plantes témoins adultes sont plus longues que les sujets printanisés. Le traitement provoque également un accroissement

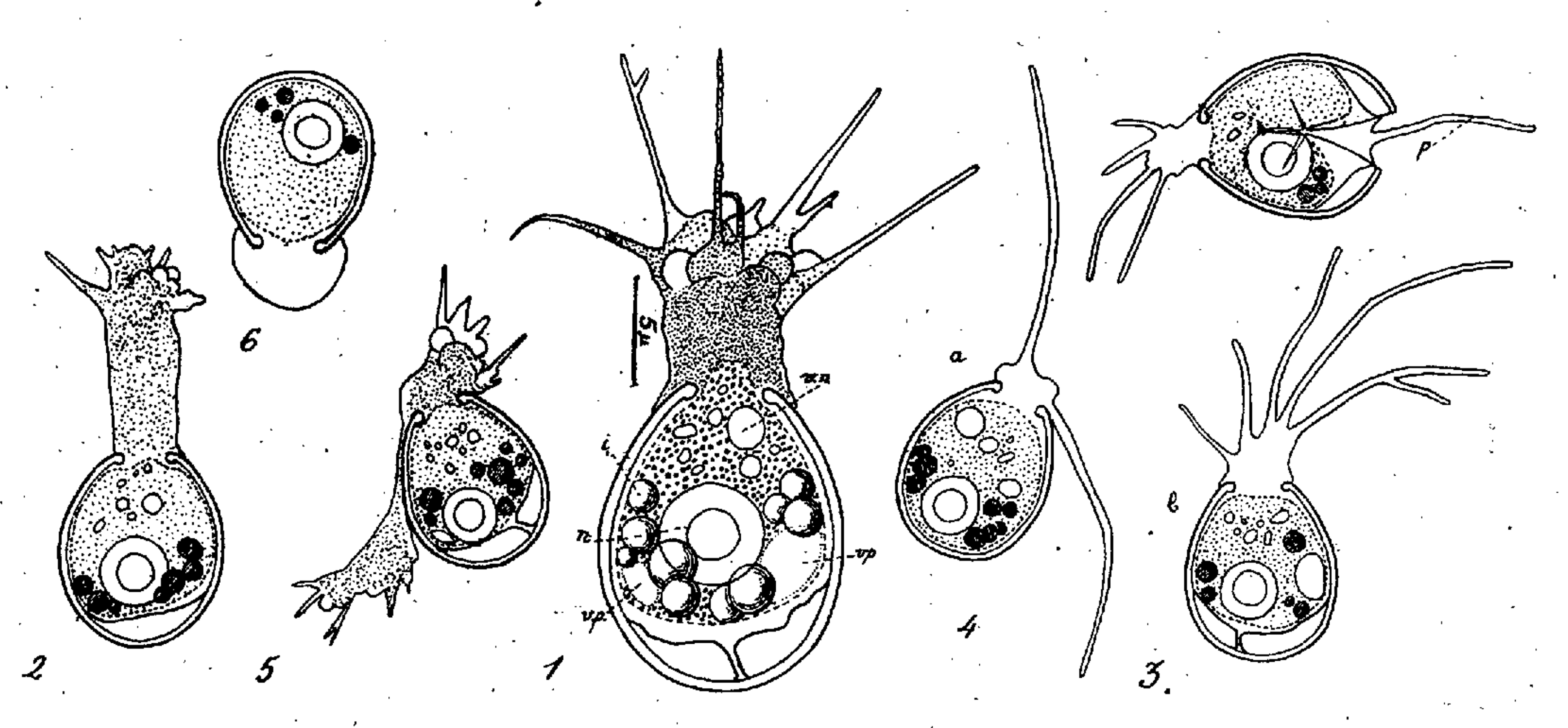
de la précocité des épis femelles, qui sont, à la récolte, tout comme les plantes elles-mêmes, un peu plus petits que les témoins; c'est donc une diminution sensible du rendement qui est à enregistrer. La printanisation du Maïs par la chaleur (15°C. pendant 24 heures, puis 25° pendant 20 jours, à l'obscurité) provoque un léger retard à la croissance, à la formation des épis et à la maturation ainsi qu'une légère diminution du rendement.

En résumé, c'est le traitement à basse température qui nous a donné les résultats les plus nets : nous avons réussi à transformer en Céréales de printemps des variétés d'hiver de Blé, Orge, Seigle et Avoine. Ainsi, chez les Céréales d'hiver, l'accomplissement du thermostade paraît provoquer la formation des hormones de croissance nécessaires à l'allongement des chaumes et le début de la formation d'une substance de floraison devenant active à la fin du photostade.

PROTISTOLOGIE. — *États cytoplasmiques chez un Thécamœbien, la* Cryptodifflugia oviformis *Pén.; l'ectoplasme en milieu homogène.* Note de M. **Louis Ziéglé**, présentée par M. Maurice Caullery.

La *Cryptodifflugia oviformis* Pén. appartient au groupe des *Reticulo-Lobosa* créé par De Saedeleer [1] pour des formes dont les pseudopodes sont exclusivement ectoplasmiques. On l'a utilisée pour l'étude des états d'équilibre que peut présenter l'ectoplasme d'un Thécamœbien, selon les conditions physiques offertes par le milieu, en examinant les animaux d'un clone dans des milieux homogènes de pH 6,8 et de viscosité variable.

I. *Forme fondamentale d'équilibre.* — Dans un milieu gélosé à 15°/₀₀



n, noyau; *v. p.*, vacuole pulsatile; *v. n.*, vacuole digestive; *i*, inclusion réfringente; *p*, pseudopode formé après ouverture de la thèque.

(viscosité moyenne), la région ectoplasmique buccale comprend les pseudopodes hyalins et une partie basale, le pied (*fig.* 1), qui possède la structure et la

(1) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 74, 1931, p. 597.

réfringence d'un endoplasme granuleux (sans d'ailleurs en présenter les vacuoles). Le lobe endoplasmique obtus, qui très souvent prolonge, dans la base du pied, la masse endoplasmique contenue dans la thèque, est d'ailleurs seul capable de digérer les proies. Les pseudopodes d'épaisseur uniforme, arrondis à leur extrémité, se forment en deux étapes : d'abord s'édifient, à la surface du pied, des hernies hyalines, souvent signalées chez les Amœbiens nus, puis certaines d'entre elles poussent un prolongement digitiforme, qui est un jeune pseudopode. Solation locale et pression déterminant la sortie de l'ectoplasme sont suivies d'une gélation, qui gagne rapidement à partir de la surface non liquifiée et fige d'abord hernie et pseudopodes, puis leur fait prendre la même structure granuleuse que le reste du pied. Suit une phase de rétraction, où le pseudopode diminue d'épaisseur et devient aigu à son extrémité, tandis qu'il est affecté de mouvements de nutation, dus sans doute aux tractions inégales de la membrane, devenue nettement visible.

II. *Variations de la forme d'équilibre avec la viscosité du milieu.* — Chez les animaux développés dans un milieu plus concentré en gélose, le pied est beaucoup plus allongé, les pseudopodes au contraire plus courts et plus rares, la plupart des hernies hyalines n'évoluant pas en pseudopodes (*fig.* 2). Des modifications inverses ont lieu lorsque la dilution augmente. Dans le cas extrême, en milieu liquide, les pseudopodes, très longs, prennent directement origine à la surface du pied très réduit. Leur extrémité ne s'effile pas de façon visible pendant la rétraction, qui s'accompagne néanmoins de mouvements de flexion très marqués (*fig.* 3 *a* et *b*).

Un mécanisme physiologique invariable, fonctionnant dans des milieux de viscosité différente, pourrait expliquer partiellement ces variations. La forme sphérique des hernies correspond à l'équilibre qu'impose la viscosité moyenne du milieu de l'ectoplasme s'écoulant par un pore étroit, dû à une solation locale. Dans ce milieu se crée ainsi, au pôle de la sphère, une zone de moindre résistance, permettant, à la faveur d'une nouvelle solation, la poussée ultérieure d'un pseudopode. En milieu plus solide, cette poussée est impossible. En milieu liquide, au contraire, elle a lieu directement.

Mais ce mécanisme peut ne pas être réalisé normalement dans l'équilibre physiologique. Ainsi les formes décrites dans l'eau ne sont pas durables. L'animal y rétracte bientôt son panache buccal, et l'état obtenu est celui qui est constamment réalisé dans la région ectoplasmique épaisse qui occupe le pôle aboral de la masse cytoplasmique décollée de la thèque.

Dans cette région, si l'on ouvre artificiellement un orifice dans la thèque, on constate la formation de pseudopodes minces et éphémères (*fig.* 4). Normalement, dans l'espace postérieur rempli de liquide, ces pseudopodes ne peuvent persister que lorsqu'ils se tendent en travées, entre la thèque et la masse du corps, constituant les endolobopodes des auteurs.

Les changements d'états du pied ne dépendent pas d'échanges avec l'endo-

plasme. Il peut en effet être divisé en deux lobes, dont l'un, glissant sur la thèque par sa surface, n'est plus relié au premier que par une mince lame ectoplasmique et se trouve en fait indépendant (*fig.* 5). Il est néanmoins tantôt hyalin, tantôt granuleux.

Enfin, à l'ensemble de ces états, sans cesse remaniés, qui correspondent à la forme active de l'animal et qui s'accompagnent du phénomène physiologique de la progression, s'oppose un état d'équilibre stable, réalisé par la forme quiescente. L'ectoplasme est alors rassemblé en un bouchon hémisphérique coiffant la bouche (*fig.* 6). La forme active dérive de celle-ci par une transformation instantanée, thixotropique d'après Fauré-Frémiet ([2]).

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

([2]) *Arch. Anat. Microsc.*, 23, 1927, p. 99.

ERRATA.

(Séance du 2 octobre 1944.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *Didier Bertrand*, Présence générale du rubidium chez les plantes :

Page 325, ligne 23, *au lieu de* Millier, *lire* Miller.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 18 DÉCEMBRE 1944

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

En ouvrant la séance, M. **Charles Maurain** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

Cette année 1944, commencée sous l'occupation étrangère, s'achève dans la joie d'une libération presque complète de la Patrie et l'enthousiasme des victoires de Lorraine et d'Alsace, dans lesquelles les troupes françaises ont joué un rôle si glorieux. Mais que de deuils et que de ruines, et quels efforts ardents et persévérants sont nécessaires pour rétablir la France délivrée ! C'est aux époques critiques que le génie français se révèle tout entier, ayons confiance en lui, et soyons assurés que cette fois encore il saura triompher du destin.

*
* *

Suivant une pieuse tradition, j'évoquerai devant vous le souvenir des Confrères disparus, et saluerai leur mémoire.

Dès le début de l'année, nous perdions notre cher et vénéré doyen d'élection, **Louis Bouvier**. Sa vie donne un magnifique exemple de labeur et d'enthousiasme scientifique. Né à Saint-Laurent-Grand-Vaux, dans le Jura, le 9 avril 1856, il fut élève à l'École normale primaire de ce département, puis, pendant quelques années, instituteur-adjoint dans un village; il obtint alors de faire un stage à l'École normale de Versailles, et fut reçu à l'École normale primaire supérieure de Saint-Cloud. Remarqué là par Edmond Perrier, il fut attaché au Muséum comme boursier d'études, et en peu de temps acquit le baccalauréat, la licence, l'agrégation et le doctorat ès sciences. Ses travaux le mirent rapidement en évidence, et en 1895, à 39 ans, il était nommé professeur au Muséum; en 1902, il était élu à l'Académie des Sciences.

Ses recherches ont porté d'abord sur les Mollusques, puis sur les Crustacés; ses enquêtes étaient en même temps générales et profondes, et l'importance de leurs résultats l'avait placé au premier rang des zoologistes. C'est cependant dans un autre domaine qu'il a continué de s'illustrer. La chaire qu'il occupait au Muséum, celle des Animaux articulés, comprenait, en même temps que les Crustacés, les Insectes, et Bouvier s'était intéressé à quelques sujets d'Ento-

mologie. En 1919, il accepta le dédoublement de sa chaire en une chaire de Vers et Crustacés dont le titulaire fut notre regretté Confrère Gravier, et une chaire d'Entomologie qu'il conserva. Depuis, il s'est donné avec son ardeur habituelle à l'étude des Insectes, et leur a consacré, en même temps que des recherches, plusieurs Ouvrages de la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*.

Bouvier, très bienveillant pour les jeunes naturalistes, était pour eux, par son enthousiasme et son autorité, un animateur incomparable. Il s'intéressait activement aussi aux travaux des amateurs, particulièrement nombreux en Entomologie, et dont beaucoup ont, grâce à lui, coopéré à l'accroissement des collections du Muséum, enrichies aussi par les récoltes de missions qu'il avait suscitées. Il avait conservé dans sa verte vieillesse une grande activité, et, toujours plein de feu, intervenait fréquemment en nos séances. C'est seulement dans les derniers mois de sa vie que ses forces avaient décliné et qu'il avait dû se retirer dans la petite maison de Maisons-Laffitte, où il est mort le 14 janvier, laissant l'exemple d'une vie noble et féconde.

Peu après la mort de son doyen d'élection, l'Académie était frappée par celle d'un de ses Membres les plus récemment élus, **Joseph Bethenod**, qui avait rapidement acquis la vive sympathie de ses Confrères. Bethenod est né à Lyon le 28 avril 1883; après ses études secondaires, il fut élève de l'École Centrale Lyonnaise, et commença sa préparation au concours d'entrée à l'École Normale supérieure; mais des circonstances de famille l'obligèrent à chercher un emploi immédiat, et il s'orienta vers la carrière d'ingénieur électricien. Ses premiers travaux, sur le moteur à répulsion et sur les moteurs synchrones, le mirent en relation avec André Blondel, dont il devint pendant quelques années l'assistant; il fut ensuite le collaborateur du capitaine Ferrié à la Télégraphie militaire, où il avait fait son service comme sapeur radiotélégraphiste. Bientôt les applications de ses travaux lui ouvrirent les portes de l'industrie électrique, et plusieurs grandes sociétés se l'attachèrent comme Ingénieur ou comme Conseil. Pour décrire les travaux entre lesquels il partagea sa féconde et ingénieuse activité, il faudrait parcourir à peu près tous les chapitres de l'Électrotechnique. Il prit une grande part au développement de la T. S. F., soit par des perfectionnements aux postes d'émission et de réception, soit par des études théoriques sur les phénomènes complexes auxquels donne lieu cette application des ondes hertziennes.

Dans ses travaux, de genres si différents, Bethenod mettait à profit les ressources très diverses de son esprit; il maniait parfaitement les mathématiques et appliquait dans ses études théoriques les notions les plus élevées, parfois le calcul symbolique, au sujet duquel il avait correspondu avec Heaviside, devenu pour lui un ami; son ingéniosité lui faisait trouver les solutions les plus simples pour les difficultés techniques, et il descendait jusqu'aux détails, desquels dépend souvent le succès. Il a joué dans le développement de l'industrie

électrique et de la radiotechnique un grand rôle, dont l'action persistera longtemps.

Marin Molliard est né le 8 juin 1866 à Châtillon-sur-Loing (Loiret). Élève à l'École Normale, il y resta quelques temps comme agrégé-préparateur, et entra en 1894 comme chef des travaux pratiques à la Faculté des Sciences, qu'il n'a plus quittée jusqu'à sa retraite en 1937. Maître de conférences en 1902, il devint en 1913 titulaire d'une chaire nouvelle de Physiologie végétale, enseignement qu'il donnait avec succès depuis quelques années comme chargé de cours. Il a été doyen de la Faculté de 1920 à 1926. L'Académie l'avait élu le 7 mai 1923 dans la Section de Botanique.

Les premiers travaux de Molliard ont porté sur les transformations morphologiques que certains parasites produisent dans les organes végétaux, et qui se traduisent par la formation de galles. Ces recherches l'ont conduit à étudier des transformations obtenues par voie expérimentale, et l'on peut dire que son œuvre a porté surtout sur l'étude expérimentale des relations existant entre les végétaux et les conditions extérieures. C'est à juste titre que ses amis et ses élèves, qui ont reproduit ou résumé en un volume, à l'occasion de son Jubilé, ses œuvres scientifiques, ont pris pour épigraphe *La Plante et le Milieu*.

Ayant institué une méthode de culture permettant d'obtenir le développement d'un végétal à l'abri de tout germe étranger, Molliard l'a appliquée en d'ingénieuses expériences, cherchant à rendre compte du déterminisme morphologique et à isoler chacun des facteurs dont l'ensemble complexe agit dans les conditions naturelles. Il a pu donner ainsi des solutions précises à des problèmes fondamentaux, concernant par exemple la nutrition carbonée et la nutrition azotée des plantes et la fonction chlorophyllienne. Il a obtenu, en modifiant les conditions du milieu, des variations curieuses, par exemple la transformation de feuilles ordinaires en feuilles nourricières, le changement de feuilles en épines ou réciproquement, la métamorphose de plantes parasites, qu'il arrive à faire croître d'une vie indépendante.

La carrière de Molliard est d'une belle unité; elle s'est écoulée tout entière dans le même laboratoire, où il a eu la satisfaction de se voir entouré de chercheurs s'adonnant au domaine scientifique auquel il s'était consacré, et d'étudiants pour lesquels il constituait de toutes pièces un enseignement auquel il donnait tous ses soins. La simplicité et la dignité de sa vie, ses hautes qualités intellectuelles et morales, son labeur désintéressé, lui avaient attiré une profonde estime et une légitime autorité.

Charles Achard, né à Paris le 24 juillet 1860, y fit ses études médicales et toute sa carrière. Il fut professeur de Pathologie générale, puis de Clinique médicale à la Faculté de médecine, et médecin des hôpitaux. Membre, puis Secrétaire Général de l'Académie de médecine, il avait été élu le 18 mars 1929 Membre de l'Académie des Sciences.

Clinicien de haute valeur, Achard considérait que la clinique, qui est en quelque sorte une application de la science médicale, peut et doit contribuer au progrès de cette science, et lui-même a prouvé, en de nombreuses recherches, l'importance que peut prendre cette contribution. Mais il jugeait aussi que les études cliniques doivent être liées au travail de laboratoire, et, dans toute son œuvre, il a puisé ses arguments dans une expérience variée en même temps que dans l'observation, et il s'est illustré à la fois comme clinicien et comme physiologiste, biologiste et bactériologiste.

C'est ainsi qu'il a obtenu des résultats devenus classiques sur les fonctions du rein, le rôle du chlorure de sodium dans la formation de l'œdème, les échanges chimiques entre le système sanguin et l'ensemble des cavités et des espaces conjonctifs qu'il a appelé « système lacunaire », l'insuffisance glycolytique, le diabète, et beaucoup d'autres sujets. On lui doit aussi l'importante découverte du microbe de la fièvre paratyphoïde, dont il a montré la distinction avec la fièvre typhoïde.

Ses travaux, son enseignement et ses ouvrages lui avaient acquis une grande réputation; il fut appelé à donner des conférences en de nombreuses Universités étrangères, et fut chargé de missions variées, en particulier dans nos Colonies. D'ailleurs il avait la passion des voyages, et il dit dans ses Mémoires, qu'il écrivit octogénaire, combien il fut heureux de s'y livrer quand le dévelop pement de sa carrière lui en eut donné la possibilité et l'occasion. Quand éclata la guerre actuelle, il était en Guyane, et son retour en France, qu'il ne voulut pas différer, fut assez mouvementé.

Achard a terminé par une vieillesse sereine et digne une vie toute de travail et de dévouement à la science et à l'humanité souffrante.

La tradition réserve aux chirurgiens deux sièges à l'Académie des Sciences. **Antonin Gosset** et **Jean-Louis Faure**, qui les occupaient, sont morts presque en même temps, portant ainsi à trois les deuils de la Section de Médecine et Chirurgie.

Gosset, né à Fécamp le 20 janvier 1872, après avoir brillamment franchi les premières étapes de la carrière médicale, devint en 1913 chef du Service de chirurgie de La Salpêtrière. Professeur de pathologie chirurgicale à la Faculté de médecine en 1919, il succéda l'année suivante à Quénu dans la chaire de Clinique chirurgicale; il demanda alors le transfert de cette chaire de Laënnec à La Salpêtrière, et garda, en cette qualité, la direction du Service de Chirurgie.

Il en fit un modèle très admiré, donnant tous ses soins aux moindres détails de l'organisation, créant toute une série de laboratoires permettant des recherches expérimentales liées à l'évolution de la chirurgie, et dont les résultats peuvent apporter plus de précision dans le diagnostic clinique et plus de perfection dans l'acte opératoire.

Les travaux de Gosset ont contribué largement aux progrès de la chirurgie

moderne en de nombreux domaines, chirurgie viscérale, biliaire, hépatique, gastrique, intestinale, mammaire, ganglionnaire, nerveuse. Il a établi des techniques opératoires nouvelles, dont beaucoup lui appartiennent entièrement, et dont les autres ont été modifiées et simplifiées par lui, et amenées ainsi à l'état où elles ont été appliquées depuis.

La chirurgie de guerre, qu'il pratiqua sur le front, lui doit beaucoup; parmi ses innovations, on peut citer l'intervention active dans les plaies de l'abdomen, et les greffes nerveuses par éléments vivants.

Gosset appartenait à l'Académie depuis le 22 janvier 1934. Cruellement atteint par la maladie il y a quelques années, se déplaçant avec peine, il a continué de s'intéresser ardemment au Service magnifique qu'il avait établi à La Salpêtrière, montrant un courage admirable.

Son extrême habileté, l'originalité, la puissance et le succès de sa technique opératoire, son exceptionnelle activité, l'autorité de son caractère et de sa parole, lui avaient acquis une immense réputation. Il est un des hommes qui ont le plus fait à notre époque pour le développement et le rayonnement de la chirurgie française.

Jean-Louis Faure, qui mourait deux jours après Gosset, fut aussi un grand chirurgien. Il naquit à Sainte-Foy-la-Grande (Gironde) le 27 octobre 1863. Orienté très jeune vers la chirurgie, il s'intéressa d'abord avec ardeur à des problèmes très divers de chirurgie générale, puis s'adonna surtout à la chirurgie gynécologique, pour laquelle il s'était pris d'une passion particulière. En 1919 il fut nommé professeur de Clinique gynécologique à la Faculté de médecine. Je rappellerai seulement ses travaux dans les deux domaines qui ont le plus retenu son attention.

Il s'est, pendant de longues années, appliqué aux grandes entreprises de la chirurgie du cancer, s'attaquant d'abord aux cancers extérieurs et en particulier à ceux de la face et du cou, qui donnent lieu à de graves et difficiles opérations. Dans la suite ses travaux se portèrent sur le traitement opératoire du cancer de l'utérus, traitement qu'il préconisa particulièrement pour les cas où l'affection est prise à ses débuts. Il soutint avec sa fougue habituelle des discussions avec les partisans du traitement par le radium, dont il reconnut d'ailleurs l'intérêt et les succès, défendant cependant les avantages du traitement opératoire dans beaucoup de cas.

En chirurgie gynécologique, il s'attacha surtout au perfectionnement de la technique de l'hystérectomie et à l'étude des divers procédés à employer suivant les circonstances; les interventions qu'il exécutait, avec une incomparable maîtrise, furent très remarquées et suivies non seulement par les élèves, mais aussi par de nombreux chirurgiens français et étrangers. Les règles qu'il indiqua eurent un grand retentissement, et leur application se répandit partout.

Jean-Louis Faure avait des dons d'orateur et un grand talent d'écrivain,

En dehors de ses cours, il prit souvent la parole en public; il fut assidu aux Congrès internationaux, où il répandit par ses Communications l'influence et le renom de la chirurgie française. Il écrivit sur des sujets très divers, étudiant avec passion les problèmes économiques et sociaux du temps présent. Il a réuni ses œuvres non techniques en quatre volumes, sous le titre *En marge de la chirurgie*. On y trouve de belles études telles que celle sur l'*Ame du chirurgien*, des pages éloquentes sur Claude Bernard et sur Pasteur, des articles de polémique, et aussi des vers, choisis, dit-il, parmi beaucoup d'autres composés aux heures enthousiastes de la jeunesse. Par ses qualités de cœur et d'esprit, son enthousiasme, ses travaux, ses écrits, c'était une très haute personnalité.

Lucien Cayeux, né à Semousies (Nord), le 26 mars 1864, a fait ses études à la Faculté des sciences de Lille, où il eût comme maîtres Gosselet et Barrois. Il y commença des recherches qu'il vint continuer à Paris à l'École des mines, où il fut nommé préparateur en 1891. Il y devint professeur en 1907, mais abandonna cette chaire quand il fut, en 1912, nommé professeur de Géologie au Collège de France.

Il entreprit, dès ses débuts, sur les roches sédimentaires des recherches qu'il continua pendant toute sa vie. Il s'est attaché de préférence à l'examen des roches les plus communes, calcaires, roches siliceuses, minerais de fer, phosphates de France et d'Afrique du Nord. Il en étudiait les constituants, et les transformations sous l'influence des agents physiques, chimiques et mécaniques, révélant des faits nouveaux de grande importance, en même temps que, par l'étude des conditions de génération de ces roches et des milieux où elle s'accomplit, il étendait les connaissances sur les océans, les lacs et les rivières des diverses époques.

Si considérables que soient les travaux de Cayeux sur les roches sédimentaires, ils n'ont pas absorbé toute son activité, et on lui doit en outre des recherches sur la Géologie de plusieurs provinces françaises et de la Méditerranée orientale.

C'est en connexion avec l'École française d'Athènes que Cayeux s'occupa de cette dernière région. Fouqué avait jadis indiqué l'intérêt qu'aurait la présence à cette École d'un naturaliste qui pourrait aider les archéologues de ses connaissances géologiques et étudier de son côté une région peu connue. Ce projet, qui sommeilla longtemps, aboutit à une série de missions confiées à Cayeux de 1900 à 1914. Il parcourut la Grèce, la Crête et l'Archipel, en décrivit la Géologie, et put donner d'utiles indications aux archéologues, par exemple sur l'île de Délos, dont il précisa le régime hydrographique dans l'Antiquité, et où ses conseils permirent d'orienter fructueusement les fouilles.

En même temps qu'il rendait à la science pure les plus éminents services, Cayeux ne négligeait pas les applications que ses travaux et ses méthodes

pouvaient comporter pour l'Industrie et l'Agriculture. Ses recherches ont conduit à une grande extension des mines de fer de Normandie, et ses études sur la constitution de la terre arable lui ont permis de donner à l'enseignement dont il fut chargé à l'Institut Agronomique une grande originalité et un caractère pratique.

Plusieurs fois lauréat de l'Académie des Sciences, Cayeux y fut élu en 1928. Il appartenait aussi à l'Académie d'Agriculture, où il fit d'importantes Communications sur les terres et sur les phosphates. Il a été un initiateur, et de Lapparent avait signalé de bonne heure le grand intérêt de ses observations microscopiques, ouvrant une voie nouvelle aux chercheurs. L'importance de son œuvre, la droiture de son caractère, son aménité lui avaient acquis parmi nous une grande autorité et une profonde et générale affection.

*
* *

A cette longue liste s'ajoutent les noms de cinq des Correspondants de l'Académie.

Henri Buisson, Correspondant pour la Section de Physique depuis le 9 mai 1932, est mort le 6 janvier 1944, au moment où il venait de prendre sa retraite, et ses obsèques ont eu lieu le jour même qui avait été fixé par ses Collègues et amis pour la célébration de son Jubilé scientifique. Né à Paris le 15 juillet 1873, il avait été élève à l'École Normale, où il resta quelques années comme agrégé-préparateur. Nommé en 1901 chef des Travaux à la Faculté des Sciences de Marseille, il y devint rapidement maître de conférences, et dans la suite professeur titulaire, et y fit toute sa carrière.

Ses travaux ont porté surtout sur l'Optique. En collaboration avec Macé de Lépinay, il institua une méthode, fondée sur les interférences, pour la mesure de l'épaisseur d'une lame transparente, et l'appliqua à la mesure des dimensions de cubes de quartz dont la poussée hydrostatique permit une détermination de la masse du décimètre cube d'eau; le résultat de cette détermination fut si précis qu'il a été adopté, et l'on admet depuis que la masse du décimètre cube d'eau à 4° est inférieure de 27^{mg} à celle du kilogramme.

Bientôt Buisson commença avec notre Confrère Fabry une longue et féconde collaboration, dont je ne puis citer que quelques résultats : la mesure de longueurs d'onde dans le spectre du fer, qui ont été universellement adoptées comme système international de longueurs d'onde; l'étude de l'influence de la température sur la largeur des raies spectrales; de nouvelles méthodes pour la mesure de l'intensité des radiations, dont l'une, appliquée à l'étude de l'absorption atmosphérique, a conduit à la découverte de l'ozone de la haute atmosphère, qui a été depuis l'objet de nombreuses et importantes recherches. Buisson a continué seul l'étude de cet ozone, après que M. Fabry eût quitté Marseille, et particulièrement celle de ses variations, et il s'est occupé à cette

époque de diverses autres questions d'optique. A ses débuts il avait étudié les modifications des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière, en particulier leurs propriétés photoélectriques, et, à cette occasion, montré que la glace possède un pouvoir photoélectrique, applicable aux nuages élevés constitués par des cristaux de glace.

Henri Buisson joignait à de hautes qualités scientifiques de belles qualités de caractère, que j'avais pu particulièrement apprécier au cours de longs voyages faits avec lui au temps de notre jeunesse, et j'ai, comme tous ceux qui l'ont connu, profondément ressenti sa perte.

Le 18 mars mourait à Vénéjan (Gard) **Mathieu Leclerc du Sablon**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Botanique, dont la carrière est fort analogue à celle de Buisson. Il était né le 25 mars 1859 à Bagnols-sur-Cèze (Gard). Élève à l'École normale, il y fut ensuite agrégé-préparateur, et, après un court séjour au Muséum, il fut en 1890 chargé du cours de Botanique à la Faculté des Sciences de Toulouse, et nommé professeur l'année suivante. Il conserva ce poste jusqu'à sa retraite, et fut doyen de la Faculté de 1893 à 1905.

Ses travaux portent surtout sur l'anatomie et la physiologie végétales. Il a étudié d'abord le mécanisme par lequel le sac qui contient le pollen d'une fleur s'ouvre en libérant le pollen, qui va féconder les ovules. Il a d'autre part montré comment s'ouvrent les fruits à parois sèches et comment ils libèrent leurs graines. Ses recherches sur l'accumulation et la mobilisation des réserves de minéraux, de matières sucrées, de corps gras et de substances albuminoïdes chez les végétaux sont d'un grand intérêt scientifique et pratique. Il a analysé, de manière ingénieuse, les mouvements des vrilles de la vigne, des clématites, des passiflores. Son étude du mécanisme de la transpiration végétale l'a conduit à une conception nouvelle de ce phénomène; il a prouvé que l'intervention de la matière vivante dans les mouvements de l'eau ne consiste pas à accélérer la sortie de l'eau par évaporation, mais au contraire à la freiner, cette action mettant en jeu la perméabilité des surfaces protoplasmiques et des membranes cellulaires. Il a donné beaucoup de soin à son enseignement, qui fut excellent, et a publié en collaboration avec Gaston Bonnier un *Cours de Botanique* qui a rendu de grands services.

Ludovic Mrazec, né à Craiova (Roumanie) le 17 juillet 1867, vint, après ses études à Bucarest, passer plusieurs années à Genève, près de Louis Duparc, et fit à cette époque de fréquents séjours à Paris, où il fréquenta notamment le laboratoire de Géologie du Collège de France. En 1894, il fut appelé à une chaire à l'Université de Bucarest; en 1906, il fonda l'Institut Géologique de Roumanie, qui, sous sa direction, fut un actif centre de recherches. Les travaux de Mrazec et de ses collaborateurs s'étendirent à tous les domaines de la Géo-

logie, et aussi à ses applications, particulièrement à la recherche du pétrole. Mrazec avait acquis dans les études relatives au pétrole une compétence à laquelle de nombreux pays firent appel. Absent de Roumanie lors de l'invasion allemande pendant la précédente guerre, il refusa d'y rentrer pendant l'occupation, et se mit à la disposition du Maroc pour la recherche des gisements pétrolifères. Le Gouvernement français avait reconnu ses services éminents en le nommant Commandeur de la Légion d'Honneur. Il était un grand ami de notre pays, où il comptait beaucoup d'admirateurs, et avec lequel il était lié par de solides affections.

Eugène Fabry, mort à Mazargues près de Marseille le 6 octobre, à l'âge de 88 ans, avait été un brillant élève du Lycée de cette ville. Reçu très jeune à l'École Polytechnique, il en sortit comme ingénieur des Manufactures de l'État. Mais l'intérêt qu'il portait aux mathématiques le conduisit bientôt à s'orienter vers l'enseignement et la recherche scientifique. Il fut pendant longtemps professeur à l'Université de Montpellier, et, une chaire étant devenue vacante à Marseille en 1920, il demanda son transfert à Marseille, où l'attiraient des liens de famille. On lui doit des travaux d'une grande originalité sur la théorie des fonctions, au cours desquels il fit des découvertes imprévues en des points sur lesquels s'était exercée la sagacité de géomètres illustres. Il avait été élu Correspondant pour la Section de Géométrie en 1931, et siégea ainsi pendant longtemps à l'Académie en même temps que ses frères Louis Fabry, Correspondant pour la Section d'Astronomie, et notre Confrère Charles Fabry, et que son gendre Jean Cabannes, Correspondant pour la Section de Physique générale.

Alexis Carrel est né à Sainte-Foy-lès-Lyon en 1873. C'est aux États-Unis, à l'Institut Rockefeller pour les Recherches médicales, qu'il fit ses expériences retentissantes sur la suture des vaisseaux sanguins, la greffe humaine, et sur la culture *in vitro* des tissus et des organes. Il avait reçu en 1913 le prix Nobel de médecine. Il était Correspondant de l'Académie depuis 1927.

Mes chers Confrères,

Il est de tradition que votre Président, avant de quitter le fauteuil, vous entretienne de la partie de la science à laquelle il consacre ses efforts. C'est donc de Géophysique que je vous dirai quelques mots, mais je suis un peu gêné en pensant aux envolées magnifiques du discours que prononçait ici il y a deux ans, notre Confrère Esclangon sur l'Astronomie. Le domaine dont il disposait a des dimensions qu'on ne peut évaluer qu'en milliers ou millions d'années de lumière, et encore ne peut-on parler de limites, puisque la vitesse avec laquelle les nébuleuses paraissent s'éloigner de nous croît avec leur distance et atteint la vitesse de la lumière sur une certaine sphère au delà de laquelle les investigations deviennent impossibles. Combien restreint est en

comparaison le domaine de la Géophysique, cette petite sœur de l'Astronomie ! que les dimensions et les distances à citer paraissent mesquines ! C'est seulement pour la durée qu'on peut, en parlant de la Terre, donner des chiffres ayant quelque peu l'allure astronomique. Du moins, puisque ce domaine est tout petit dans l'espace immense, et proche de nous, le connaît-on parfaitement ? Il n'en est rien, et bien des problèmes concernant l'intérieur du Globe ou l'atmosphère sont loin d'être résolus. Leur étude a fait cependant de grands progrès depuis le début de ce siècle.

L'homme, confiné à la surface du Globe ou au voisinage, a perfectionné et étendu les moyens d'investigation qu'il peut y mettre en œuvre. Les éléments météorologiques sont l'objet d'observations incessantes en un grand nombre de points; on sait maintenant mesurer avec une bonne précision la radiation solaire, dont les effets sont essentiels à l'humanité; la répartition de la pesanteur a été minutieusement étudiée, et sa connaissance a fourni la méthode actuellement la meilleure pour déterminer la forme de la Terre; si l'origine du magnétisme terrestre est encore mystérieuse, ses variations et sa répartition sont aujourd'hui bien connues; les propriétés électriques de l'atmosphère au voisinage du sol, dont les découvertes des physiciens sur l'ionisation des gaz ont éclairé la nature, sont étudiées systématiquement aussi, en des points encore trop rares, comme l'Observatoire géophysique de Chambon-la-Forêt, établi loin des villes dont l'industrie trouble les mesures magnétiques et électriques.

Il y aurait intérêt à étendre la plupart de ces observations ou mesures à des régions de l'atmosphère éloignées de la surface. L'homme lui-même ne peut s'élever bien haut; les ascensions strastophériques, expériences magnifiques et hardies, l'ont porté seulement à vingt et quelques kilomètres. Il a suppléé à l'impossibilité de faire lui-même des mesures à plus grande altitude en y envoyant, portés par de petits ballons, des appareils enregistreurs, grâce auxquels des mesures directes ont été faites jusqu'à une trentaine de kilomètres, et surtout en imaginant des méthodes permettant de déduire, de mesures faites à la surface, des renseignements sur ce qui se passe à grande altitude.

L'étude au spectroscope de l'absorption que l'atmosphère exerce sur le rayonnement du Soleil ou d'autres astres conduit à la connaissance de la composition de l'atmosphère, que nous ne possédons peut-être pas encore parfaitement; il n'y a pas très longtemps que Charles Fabry et Henri Buisson y décelaient, comme je le rappelais tout à l'heure, la présence de l'ozone, si importante à bien des points de vue.

L'analyse spectrale des lueurs qui apparaissent dans la haute atmosphère, telles que les aurores polaires ou la luminosité du Ciel nocturne, apporte son contingent à ces études; elle nous montre que, si les gaz qui constituent l'atmosphère à des hauteurs d'une centaine de kilomètres sont en gros les mêmes qu'au voisinage du sol, avec une proportion un peu plus faible des gaz les plus lourds, ces gaz n'y sont pas dans le même état : l'oxygène et probablement

l'azote y sont à l'état atomique, et non plus à l'état moléculaire comme dans l'air au sein duquel nous vivons; cette analyse révèle aussi la présence à ces altitudes, en petites quantités, de divers éléments, comme le sodium, qu'on est bien étonné de trouver là.

La propagation des ondes sonores dans l'atmosphère a permis l'étude de plusieurs sujets, et particulièrement de la répartition de la température suivant l'altitude; c'est un des procédés qui ont conduit à admettre que la température, après avoir baissé rapidement à altitude croissante, se relève au-dessus de quelques dizaines de kilomètres, jusqu'à redevenir aussi haute qu'au voisinage du sol, et même s'élever encore davantage.

Dans ces derniers temps, les ondes radioélectriques ont conduit à des découvertes de grande importance sur les propriétés électriques de la haute atmosphère, et ces ondes permettent l'étude d'un nouveau domaine, l'ionosphère. Il y a là, jusqu'à des hauteurs de centaines de kilomètres, des couches fortement ionisées sur lesquelles se réfléchissent plus ou moins les ondes radioélectriques; l'observation de ces réflexions décèle les mouvements de ces couches et les variations de leurs propriétés électriques, et c'est là un moyen puissant pour l'étude de la haute atmosphère. Dans cette étude, il est naturellement commode d'employer les ondes produites à volonté par des postes émetteurs, mais on a mis aussi à profit les ondes radioélectriques naturelles ayant leur origine dans les orages, et qui causent, dans les récepteurs de T. S. F., ces perturbations désagréables connues sous le nom d'« atmosphériques »; c'est particulièrement en France que cette ingénieuse méthode a fait ses preuves, grâce au Laboratoire national de Radioélectricité, dû à notre regretté Confrère le général Ferrié, organisé par notre Confrère Camille Gutton, et dirigé maintenant avec une féconde activité par M. Robert Bureau.

Portons maintenant nos regards vers le bas. L'observation directe y est bien limitée. L'homme ne peut descendre beaucoup au-dessous de la surface, mais il a su tirer parti de l'étude de quelques propriétés physiques, la gravité, le magnétisme, la conductibilité électrique, la célérité de la propagation des mouvements, pour obtenir des renseignements sur le sous-sol. La Géophysique apporte ainsi une aide à la Géologie, et donne des méthodes applicables à la prospection des richesses minières et en particulier à la recherche du pétrole.

Cette dernière application a pris un développement extraordinaire. J'emprunte à ce sujet quelques chiffres à une Conférence faite à la Société astronomique de France par M. Migaux, Directeur général de la Compagnie générale de Géophysique. Ces chiffres concernent les États-Unis. L'efficacité dans le choix des sondages pour la recherche du pétrole s'y est beaucoup accrue : alors qu'entre 1860 et 1930 un forage sur 24 en moyenne donnait un résultat positif, aujourd'hui la proportion des réussites est de 1 sur 6 ou 7. Si le progrès dans la connaissance géologique des gisements intervient sans

doute dans cette amélioration, une grande part est due à l'emploi des méthodes géophysiques. Ces sondages entraînent des dépenses très élevées, qui se chiffrent annuellement par centaines de millions de dollars; on voit de quelles économies on est redevable à la Géophysique appliquée. Cela explique que cette dernière industrie eût, avant la guerre, aux seuls États-Unis, un chiffre d'affaires d'environ un milliard de francs, qui s'est augmenté depuis. Les sondages sont devenus plus nombreux; avant la guerre, on faisait, aux États-Unis, environ 2 500 sondages de recherches par an; à la fin de 1943, on arrivait à 400 par mois, et le programme de l'année 1944 en comportait 5 000. Ces sondages intéressent une couche de plus en plus épaisse; leur profondeur, qui jadis dépassait rarement 2 000^{m}, s'élève maintenant couramment à 3 000^{m} ou 4 000^{m}, elle a atteint 5 000^{m} en Californie, et l'on commence à exploiter des gisements à des profondeurs supérieures à 4 000^{m}.

La plupart des moyens d'investigation que je citais tout à l'heure ne donnent d'indications précises que pour de faibles profondeurs, de l'ordre de quelques kilomètres; plusieurs cependant permettent d'avoir des renseignements sur des couches plus profondes, et l'un s'étend même en principe à tout l'intérieur du Globe. C'est l'étude de la propagation des mouvements, propagation qui s'étend, en gros, à des couches d'autant plus profondes que, à la surface, l'origine du mouvement et le point où on l'étudie sont plus éloignés l'un de l'autre. Pour que des mouvements parviennent au loin avec une amplitude encore mesurable, il est nécessaire qu'ils soient intenses à l'origine : ce sont les tremblements de terre qu'on utilise, et leur étude, qui jadis se bornait à celle de leurs méfaits, constitue maintenant toute une science, la Seismologie, dont la partie principale porte sur leur propagation, et qui a été l'objet en France de beaux travaux, comme ceux d'Edmond Rothé, de Coulomb, de Cagniard. Grâce aux ondes séismiques, on connaît un peu maintenant les propriétés mécaniques des couches internes du Globe; jusqu'à la moitié du rayon environ, ces couches ont les propriétés des corps solides, avec sans doute des poches fluides éparses; au delà est un noyau où la matière, soumise à une énorme pression, a certaines propriétés des fluides; elle paraît contenir beaucoup de fer et de nickel.

Je viens de citer quelques-uns des genres de recherches usitées en Géophysique. C'est un vaste sujet, sur lequel je ne m'étendrai pas davantage; mais je tiens à évoquer les profondes études théoriques et critiques et le magnifique enseignement consacrés aux plus hauts problèmes de Géophysique par mon maître, notre vénéré Confrère Marcel Brillouin, qui entrera demain 19 décembre dans sa 91e année et qui, dans la retraite où il vit depuis quelques années, continue d'y réfléchir, écrivant fréquemment à plusieurs d'entre nous des lettres où se reflète l'ingénieuse et toujours jeune activité de son esprit.

Certaines des recherches auxquelles j'ai fait allusion, et d'autres encore, apportent des éléments à l'étude des relations entre les phénomènes terrestres

et les phénomènes extraterrestres, et, particulièrement, entre les phénomènes solaires et les phénomènes terrestres. C'est une étude passionnante, dont je citerai seulement, en terminant, un épisode, remarquable par le caractère de solidarité scientifique qui s'y manifeste.

Lorsqu'on reçoit des ondes radioélectriques courtes, disons d'une longueur d'onde de quelques décamètres, il arrive que la réception cesse brusquement et se rétablit un certain temps après, une heure ou deux par exemple. M. Jouaust, alors directeur du Laboratoire central d'électricité et Secrétaire du Comité français de radiotélégraphie scientifique, entreprit une enquête sur ce phénomène, où il soupçonnait une origine solaire, et alerta divers Établissements qui comparèrent leurs observations aux évanouissements brusques, que les Services de T. S. F. voulurent bien signaler. M. Bureau, au Laboratoire national de Radioélectricité, découvrit que, chose curieuse, aux évanouissements des ondes courtes correspondaient exactement des renforcements de la réception des ondes longues, de longueur d'onde comprise entre 10000 et 20000^{m} par exemple. M. Éblé, à l'Institut de Physique du Globe, notait aux mêmes instants sur les enregistreurs du magnétisme terrestre de petits crochets caractéristiques. Enfin M. d'Azambuja, observant le Soleil à l'Observatoire de Meudon, trouvait que ces divers phénomènes étaient simultanés avec des éruptions chromosphériques. Il était ainsi démontré que, lors de ces éruptions, le Soleil émet avec intensité des radiations se propageant avec la vitesse de la lumière, et constituées en fait par des radiations ultraviolettes, qui viennent troubler l'ionosphère en y changeant l'ionisation de telle manière que l'intensité de la transmission est modifiée en sens inverse pour les ondes courtes et les ondes longues, et que se produisent des courants électriques dont l'action se fait sentir sur le magnétisme terrestre. Cette relation entre des phénomènes solaires et des phénomènes terrestres, étudiée aussi à l'étranger, est la plus nette parmi celles actuellement connues.

Voilà un bel exemple du grand intérêt que présente la réunion des efforts de chercheurs de disciplines différentes, pour l'étude de bien des problèmes complexes. Mais ce n'est pas seulement dans le domaine scientifique que l'union et l'esprit de solidarité peuvent être féconds, et, dans la grande tâche qui nous incombe pour la restauration de la France libérée, sachons nous en inspirer.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1944.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX PONCELET (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Alphonse Demoulin**, membre de l'Académie royale de Belgique, pour l'ensemble de son œuvre géométrique. *Rapporteur :* M. É. Cartan.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Cartan**, professeur sans chaire à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux mathématiques. *Rapporteur :* M. A. Denjoy.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri de Leiris**, ingénieur en chef du Laboratoire de Résistance des matériaux de la marine, pour ses travaux sur la théorie de l'élasticité et sur l'expérimentation. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX FOURNEYRON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Rateau**, ingénieur au Laboratoire de mécanique physique de la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les asservissements. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Darrieus**, ingénieur à la Compagnie électromécanique, pour ses travaux de mécanique et d'électricité appliquée. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Cotton, G. Perrier, Ch. Fabry, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

PRIX DAMOISEAU. — Un prix de 4.000fr est décerné à M. **Henri Mineur**, astronome à l'Observatoire de Paris;

— un prix de 2.000fr, est décerné à M. **Paul Baize**, docteur en médecine, astronome bénévole à l'Observatoire de Paris,

pour leurs travaux d'astronomie stellaire. *Rapporteurs :* MM. Ch. Fabry et E. Esclangon.

MÉDAILLE JANSSEN. — La médaille est décernée à M. **Jean Rösch**, astronome à l'Observatoire de Floirac, pour ses travaux de stéréoscopie stellaire. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Perez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne.

PRIX GAY (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Birot**, directeur de l'Institut français de Coïmbre, pour son ouvrage sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles. *Rapporteur :* M. Em. de Martonne.

PRIX BINOUX. — Deux prix de 4.000fr sont décernés :

— à M. **Aimé Perpillou**, professeur au Lycée Henri IV, pour sa thèse sur la géographie physique du Limousin. *Rapporteur :* M. Em. de Martonne ;

— à M. **Louis Lafont**, ingénieur des industries navales, pour son cours d'électricité de bord et ses applications à des problèmes de magnétisme. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. R. Bourgeois, É. Borel, M. de Broglie, G. Perrier, Ch. Fabry, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Pérès, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, E. Vessiot.

PRIX PLUMEY (20.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Charpentier**, ingénieur général des Industries navales, pour l'ensemble de ses travaux. *Rapporteur :* M. E.-G. Barrillon.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. Brillouin, A. Cotton, Ch. Fabry, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, J. Chazy, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot.

PRIX LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gabriel Foëx**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux sur le magnétisme. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Claude Magnan**, sous-directeur du Laboratoire de physique du Collège de France, pour ses travaux de physique nucléaire. *Rapporteur :* M. M. de Broglie.

PRIX HUGHES (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Parodi**, professeur à la Faculté libre des sciences de l'Institut catholique de Paris, pour ses travaux sur les spectres infrarouges et sur diverses questions théoriques d'électricité. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

FONDATION DU GÉNÉRAL FERRIÉ (6.000fr) — Un prix est décerné à feu **Maurice Lambrey**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre en radioélectricité. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry.

CHIMIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, M. Delépine, G. Bertrand, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, M. Tiffeneau.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Guillaume Rumeau**, inspecteur général adjoint des Etablissements classés du Département de la Seine, pour sa contribution à l'assainissement de l'atmosphère des ateliers. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX JECKER (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Dupont**, professeur à l'École normale supérieure, pour l'ensemble de ses travaux. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX L. LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **André Chrétien**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de chimie minérale, en particulier sur les équilibres en solution. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Jacques Bénard**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les métaux. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Cotton, L. Cayeux, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à Mme **Henri Termier**, née **Geneviève Delpey**, licenciée ès sciences, pour ses importants travaux sur les Gastéropodes fossiles. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Royer**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses travaux de cristallographie. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges.

PRIX DESMAZIÈRES (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marius Chadefaud**, professeur au Collège Turgot, pour ses travaux sur la biologie des Champignons. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX MONTAGNE (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Viennot-Bourgin**, maître de conférences à l'Ecole d'agriculture de Grignon, pour ses travaux sur les Ustilaginées et Urédinées. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Crété**, chef de travaux à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses recherches histologiques et physiologiques sur l'embryologie des Labiatiflores. *Rapporteur :* M. R. Souèges.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE. — Deux prix de 15.000fr sont décernés :

— à M. **Joseph Magrou**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux de phytopathologie, portant principalement sur l'étude de la symbiose entre plantes supérieures et champignons. *Rapporteur :* M. Em. Leclainche ;

— à M. **André Paillot**, correspondant de l'Académie des sciences, directeur de la Station de zoologie du Sud-Est, à Saint-Genis-Laval, pour l'ensemble de ses travaux de parasitologie des insectes, soit dans le but de rechercher les parasites utilisables à la destruction des insectes nuisibles, soit pour préserver la vie et le développement d'insectes utiles, tel que le Ver à soie. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, E. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage.

PRIX CUVIER (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Dollfus**, directeur à l'École pratique des Hautes études, pour l'ensemble de son œuvre zoologique concernant notamment les Etoiles de mer, les Crustacés stomatopodes, les Poissons et les Coraux de récifs. *Rapporteur :* M. L. Fage.

FONDATION SAVIGNY (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **Lucien Chopard**, docteur ès sciences, pour son ouvrage sur les Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. *Rapporteur :* M. É. Roubaud.

PRIX POUCHARD (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Gallien**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Rennes, pour l'ensemble de ses recherches expérimentales sur la différenciation de l'appareil génital des Batraciens. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

ANTHROPOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, A. Gosset, Ch. Pérez, L. Fage.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Léon Pales**, professeur à l'École d'applications du service de santé des troupes coloniales, pour l'ensemble de ses travaux de paléopathologie, d'anthropologie et d'ethnographie africaine. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet.

PRIX MONTYON. — Troix prix de 6.000fr sont décernés :

— à MM. **Charles Laubry**, membre de l'Académie de médecine et **Pierre Soulié**, agrégé-médecin des hôpitaux, pour leur ouvrage sur *Les maladies des coronaires. L'infarctus du myocarde. L'insuffisance coronarienne. Rapporteur :* M. Ch. Achard;

— à MM. **René Ledoux-Lebard** et **Jean Garcia-Caldéron**, docteurs en médecine, pour leur *Technique du radiodiagnostic. Rapporteur :* M. A. Gosset;

— à M. **Lucien de Gennes**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur le traitement des insuffisances endocriniennes par les implants sous-cutanés de comprimés d'hormones. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BARBIER (5.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Albert Leulier** et **Paul Sédallian**, professeurs à la Faculté de médecine de Lyon, pour leurs travaux sur la chimie des toxines microbiennes, en particulier sur la toxine diphtérique. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX BRÉANT. — Deux prix de 10.000fr sont décernés :

— à M. **Georges Curasson**, inspecteur général des Services vétérinaires des Colonies, pour son *Traité de protozoologie vétérinaire et comparée. Rapporteur :* M. Em. Leclainche;

— à M. **Pierre Grabar**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses études immunochimiques à l'aide de méthodes analytiques quantitatives. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Deux prix de 3.000fr sont décernés :

— à M. **Jean Didiée**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, pour ses méthodes d'exploration radiologiques en coupe. *Rapporteur :* M. H. Vincent;

— à M. **André Fribourg-Blanc**, médecin général, directeur du Service de santé de la Région de Paris, pour son mémoire sur *La prophylaxie mentale dans l'Armée. Rapporteur :* M. H. Vincent.

Un prix de 4.000fr est décerné à M. **André Le Grand**, professeur à la Faculté libre de médecine de Lille, pour ses recherches expérimentales sur le bulbe rachidien. *Rapporteur :* M. L. Binet.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, E. Sergent, G. Roussy.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (7.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à Mme **Albert Laborde**, née **Simone Frison**, docteur en médecine, pour l'ensemble de ses travaux d'ordre biologique sur la radiosensibilité des tissus. *Rapporteur :* M. G. Roussy.

PRIX LOUISE DARRACQ (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Sotirios B. Briskas**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, pour l'ensemble de ses recherches biochimiques sur le cuivre dans les anémies, carences et tumeurs. *Rapporteur :* M. G. Roussy.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Kayser**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour son ouvrage intitulé : *Les échanges respiratoires des Hibernants*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX L. LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **André Rochon-Duvigneaud**, membre de l'Académie de médecine, pour son ouvrage intitulé : *Les yeux et la vision chez les Vertébrés*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX POURAT (4.400fr). — Le prix est décerné à M. **Roger Coujard**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *Le rôle du sympathique dans les actions hormonales*. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, Ch. Fabry, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, P. Montel.

PRIX MONTYON. — Deux prix de 3.000fr sont décernés :

— à Mlle **Germaine Cousin**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de statistique biologique. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem ;

— à M. **Georges Allard**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de statistique quantique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Montel, A. Chevalier.

PRIX BINOUX. — Deux prix de 4.000fr sont décernés :

— à M. **Louis Couffignal**, docteur ès sciences, pour son Histoire de la machine à calculer. *Rapporteur :* M. H. Villat ;

— à M. **André Léveillé**, secrétaire général du Palais de la Découverte, pour reconnaître les services rendus par lui à la Science au Palais de la Découverte, en particulier l'exposition de Lavoisier. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Renault**, professeur au Collège Sainte-Barbe, pour son ouvrage intitulé : *Atomistique et Chimie générale*. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie.

MÉDAILLE LAVOISIER. — La médaille est décernée à M. **Gabriel Bertrand**, membre de l'Académie des sciences, professeur honoraire de l'Université de Paris, pour l'ensemble de son œuvre à l'occasion de l'Exposition Lavoisier organisée par lui en commémoration du deuxième centenaire de la naissance de Lavoisier. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée :

— à M. **Guillaume Rumeau**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;

— à M. **Georges Dupont**, lauréat du prix Jecker.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : Grand prix des sciences mathématiques (3.000fr). — Commissaires : MM. R. Bourgeois, É. Borel, G. Perrier, J. Drach, É. Cartan, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Jean Dieudonné**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX BORDIN (8.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud.

Le prix est décerné à M. **René Legendre**, directeur adjoint du Laboratoire maritime de Concarneau, pour l'ensemble de ses travaux de biologie animale. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX SERRES (10.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, Ch. Achard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, R. Souèges.

Le prix est décerné à M. **Albert Dalcq**, professeur à la Faculté de médecine de Bruxelles, pour l'ensemble de ses travaux d'embryologie expérimentale. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX VAILLANT. — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Deux prix de 6.000fr sont décernés :

— à M. **Jean Delsarte**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux d'analyse et de physique mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel;

— à M. **René de Malleman**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses recherches sur la polarisation rotatoire magnétique. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

PRIX PETIT D'ORMOY : Sciences naturelles (50.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud.

Le prix est décerné à M. **Édouard Chatton**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Sorbonne, directeur du Laboratoire Arago à Banyuls-sur-Mer, pour l'ensemble de son œuvre zoologique. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX HOULLEVIGUE (4.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, M. Javillier, P. Lebeau.

Le prix est décerné à M. **René Paris**, maître de conférences à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux sur les caractères anatomiques, la chimie et les propriétés physiologiques de certaines plantes indigènes ou originaires des colonies françaises. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER (12.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, L. de Broglie, A. Caquot, Ch. Pérez, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Sébastien-Eugène Turchini**, ancien directeur du service radiologique de l'Hôpital de la Charité de Paris, qui a consacré sa vie à la Radiologie et a été victime de l'effet des rayonnements, qui a nécessité de cruelles amputations. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX SAINTOUR (5.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud.

Le prix est décerné à M. **Fernand Moreau**, professeur à la Faculté des sciences de Caen, pour ses travaux de cryptogamie. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX LONCHAMPT (6.500fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier, A. Chevalier.

Le prix est décerné à M. **Maurice Fontaine**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur la migration des Poissons provoquée par la rupture d'équilibre de la constitution saline extérieure du milieu interne. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX HENRY WILDE (5.600fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

Le prix est décerné à M. l'Abbé **Christophe Gaudefroy**, professeur à la Faculté libre des sciences de l'Institut catholique de Paris, pour l'ensemble de ses travaux d'optique cristalline et de cristallographie. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO (100.000fr). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, L. Cayeux, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, A. Chevalier, F. Grandjean, E. de Margerie, E. de Martonne.

Le prix est décerné à M. **Alexandre Bigot**, correspondant de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses études géologiques en Normandie. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX MARQUET (4.000fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, É. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia.

Le prix est décerné à M. **Paul Dubreil**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux sur la théorie des groupes. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (25.000fr). — Commissaires : MM. R. Bourgeois, É. Borel, G. Perrier, Ch. Fabry, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel.

Le prix est décerné à M. **Henri Chrétien**, professeur à l'Institut d'optique, pour ses travaux sur l'optique géométrique et sur les instruments d'optique utiles à la Défense nationale. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (16.500fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, Ch. Achard, L. de Broglie, A. Gosset, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier.

Le prix est décerné à M. **André Girard**, docteur en médecine, pour ses découvertes dans la série des hormones sexuelles. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE ET PRIX L.-E. RIVOT. — Aucune promotion n'étant sortie de l'École Polytechnique, en 1944, ces prix ne sont pas décernés.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION GEGNER (4.000fr). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

Un prix est décerné à Mme **Roger Heim**, née **Panca Eftimiu**, docteur ès sciences, auteur de travaux d'anatomie végétale. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION JÉRÔME PONTI (5.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, P. Lebeau.

Un prix est décerné à M. **Jacques Pochon**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Garches, pour ses études des bactéries cellulolytiques. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

FONDATION HIRN (3.600fr). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

Un prix est décerné à M. **Jean-Louis Destouches**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur l'axiomatique de la mécanique ondulatoire. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATION HENRI BECQUEREL (6.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Hirn.

Un prix est décerné à M. **Roger Servant**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur le pouvoir rotatoire et la biréfringence magnétiques. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATION LOUTREUIL. — Commissaires : MM. Ch. Maurain, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 25.000fr à MM. **René Audubert** et **Maurice Bonnemay**, directeur et préparateur aux Laboratoires de chimie physique et d'électrochimie de l'École pratique des Hautes études de l'Université de Paris, pour leurs recherches sur l'émission de rayonnement par les réactions chimiques et sur le phénomène de la surtension;

— 5.000fr à M. **Jean Bablet**, chef de service aux Laboratoires des Instituts Pasteur d'Outre-Mer, pour l'établissement de dessins et photographies de lésions histologiques des centres nerveux à la suite d'inoculations de venins de cobra;

— 6.000fr à M. **Abel Brion**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour ses recherches sur l'anaplasmose équine;

— 5.000fr à M. **Chin-Kuo-Chun**, attaché à la Station de recherches Berthelot, à Bellevue, pour ses recherches de génétique du blé;

— 25.000fr à M. **Paul Bonét-Maury**, chef du Laboratoire des ultra-virus à l'Institut Alfred Fournier, pour l'achat de matériel destiné à ses travaux sur l'irradiation des ultra-virus et l'action bactériostatique des radiations;

— 15.000fr à M. **Pierre Chouard**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un polarimètre;

— 6.000fr à M. **Jean Cournot**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un four électrique destiné à l'étude de la viscosité d'alliages chargés à températures élevées;

— 10.000fr à M. **Maurice Fontaine**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat d'un électrophotomètre et d'un dispositif de mesures de fluorescence pour les dosages de vitamines et d'hormones que nécessitent ses recherches de chimie physiologique;

— 6.000fr à M. **Louis Salomon**, docteur-vétérinaire, pour l'achat et l'entretien d'animaux venimeux divers et d'animaux d'expériences et couvrir les frais de graphiques et dessins.

— 7.500fr aux **Annales de physique du globe de la France d'Outre-Mer**, pour la publication de mémoires posthumes de *Henry Hubert*, en un fascicule spécial de ses Annales;

— 5.000fr à la **Société de pathologie comparée**, pour la publication de son *Bulletin* dans la Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale.

— 2.000fr à la **Bibliothèque de l'École nationale vétérinaire de Lyon**, pour couvrir les frais d'abonnement à des périodiques étrangers;

— 9.000fr à la **Bibliothèque de l'École polytechnique.**

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDATION Mme VICTOR NOURY. — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

Cinq prix de 3.000fr sont décernés :

— à Mlle **Lucienne Beauquesne**, docteur en pharmacie, pour ses travaux relatifs à la chimie et à la pharmacodynamie des plantes indigènes et exotiques;

— à Mlle **Thérèse Pobeguin**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les oxalates de calcium chez quelques Angiospermes;

— à M. **Raymond Furon**, sous-directeur du laboratoire de géologie du Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux et voyages géologiques;

— à feu **Ferdinand Gidon**, professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Caen, auteur de recherches d'entomologie et de paléobotanique;

— à M. **Pierre Limasset**, directeur-adjoint de la Station centrale de pathologie végétale au Centre national des recherches agronomiques, pour ses travaux sur le développement du Mildiou de la Pomme de terre.

Rapporteur : M. A. Lacroix.

FONDATION MILLET-RONSSIN — Commissaires : MM. A. Lacroix, L. Cayeux, Ch. Jacob, P.-A. Dangeard, A. Guilliermond, Ch. Pérez, É. Roubaud.

Deux prix de 5.000fr sont décernés :

— à M. **René Marlière**, professeur à l'Université de Mons, pour ses travaux sur les Crétacés du Nord de la France et de la Belgique. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob;

— à Mme **Pierre Allorge**, née **Valentine Sélitzky**, docteur ès sciences, et feu **Pierre Allorge**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour leurs travaux sur la flore des îles Açores et de la péninsule ibérique. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION VILLEMOT. — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Cartan, H. Villat, G. Perrier, F. Joliot, M. Delépine, Ch. Jacob, R. Souèges, L. Lapicque, L. Binet, G. Roussy, É. Cotton, L. Lumière.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 20.000fr à M. **Pierre Bonnet**, assistant à la Faculté des sciences de Toulouse, pour la publication de son ouvrage intitulé : *Bibliographia Araneorum;*

— 15.000fr à M. **Jean Coulomb**, directeur de l'Institut de physique du Globe, pour la publication dans les *Annales de physique du Globe* d'un mémoire de M. **Charles Maurain** sur la variation séculaire du magnétisme terrestre;

— 10.000fr à M. **Édouard Fischer**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses recherches sur les Mollusques terrestres et fluviatiles de Madagascar;

— 15.000fr à M. **Raymond Jacquot**, directeur du Laboratoire de biochimie de la nutrition à l'École normale supérieure, pour l'achat d'une étuve Jouan;

— 20.000fr à M. **Bernard Ninard**, docteur en médecine, pour la publication de sa *Monographie des tumeurs du foie*;

— 10.000fr à M. **Albert Peyron**, professeur à l'Institut prophylactique, pour ses recherches sur le rôle de la gémellite tératologique et de la parthénogenèse dans le développement des tumeurs;

— 12.000fr à M. **Jean Piveteau**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour la continuation des fouilles paléontologiques entreprises dans les bassins permiens d'Autun et de Bourbon-l'Archambault.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDATION CHARLES FRÉMONT (4.000fr). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, G. Bertrand.

Un prix est décerné à M. **Roger Meslin**, chargé de travaux pratiques à la Faculté des sciences et à l'École de médecine et pharmacie de Caen, pour ses travaux sur la Flore normande et celle de Madagascar. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

Deux allocations de 10.000fr sont accordées :

— à Mlle **Jacqueline Ferrand**, chargée de cours à la Faculté des sciences de Bordeaux;

— à M. **Raymond Croland**, agrégé-préparateur de zoologie à l'École normale supérieure, actuellement déporté en Allemagne.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

PRIX D'AUMALE. — Commissaires : MM. Ch. Maurain, M. Caullery, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

Un prix de 5.000^{fr} est décerné à Mme Vve **Félix Le Dantec**, née **Yvonne Le Gros**, en mémoire des travaux de protistologie et de philosophie biologique de son mari. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

LECTURE.

M. L. de Broglie, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'œuvre d'André Blondel, Membre de l'Académie des Sciences.*

A. Lx., L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 27 DÉCEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **ALFRED LACROIX** dépose sur le bureau de l'Académie une brochure intitulée *Vingtième anniversaire de la Mécanique ondulatoire,* Plaquette commémorative publiée sous les auspices du COMITÉ LOUIS DE BROGLIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale à l'Académie qu'à l'occasion du Nouvel An la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 janvier au lieu du lundi 1er.

M. **RENÉ SOUÈGES** dépose une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur, HENRI COLIN, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours.*

MAGNÉTOCHIMIE. — *Nouvelles précisions sur la systématique magnétochimique.* Note de MM. **PAUL PASCAL** et **ADOLPHE PACAULT.**

Nous avons montré ([1]) que des mesures nouvelles faites sur des composés organiques permettent d'affirmer les règles de notre systématique magnétochimique, mais qu'elles nous mettent aussi dans l'obligation d'en préciser certains points, qui ont été mal interprétés. C'est le cas, en particulier, pour les cycles polyméthyléniques.

La cyclisation non aromatique provoque, comme l'un de nous l'a montré, une dépréciation diamagnétique variable avec le nombre n d'atomes de carbone du cycle. Il lui correspond des incréments

$\lambda.10^6$.........	+3,4	+1,1	0	+3,1
pour n........	3	4	5	6

Farquharson et Sastri ([1]) ont calculé, indépendamment de toute systématique, ce qu'ils regardent comme la dépréciation diamagnétique due à la cyclisation en comparant les susceptibilités d'acides linéaires n-oïques et des acides cycliques $(n-1)$ méthylènecarboxyliques. Ils croient montrer ensuite que

---

([1]) *Comptes rendus,* 219, 1944, p. 599.

leurs résultats ne confirment pas nos valeurs précédentes, mais ils ne définissent pas de la même manière que nous la dépréciation diamagnétique et n'introduisent pas la notion d'un incrément caractéristique constant.

En effet, nous appelons *dépréciation diamagnétique* λ la différence entre la susceptibilité mesurée et la susceptibilité calculée par notre systématique en tenant compte de toutes les particularités de structure. Farquharson et Sastri ([2]) définissent leur terme λ' comme la différence entre la susceptibilité de l'acide linéaire et celle de l'acide cyclique, à laquelle est ajoutée la susceptibilité des deux atomes d'hydrogène manquants. (Ils prennent d'ailleurs $K_H = -2,82.10^{-6}$, alors que nous prenons $K_H = -2,93.10^{-6}$). Mais, en procédant ainsi, ils ne tiennent pas compte du fait que la cyclisation fait apparaître, dans la plupart de leurs exemples, un carbone tertiaire en α d'une fonction oxygénée, accident structural qui introduit de façon constante un incrément diamagnétique $\lambda = -1,3.10^{-6}$. Si l'on tient compte de cette remarque, et en prenant $K_H = -2,93.10^{-6}$, au lieu de $-2,82.10^{-6}$ comme les auteurs, afin d'avoir des chiffres comparables, les incréments λ' de Farquharson et Sastri (F. S.) sont remplacés par des nombres λ'' généralement un peu plus grands. Le désaccord avec nos nombres est alors accru pour les dérivés triméthyléniques et tétraméthyléniques; il est supprimé pour les dérivés pentaméthyléniques. Dans le cas des cycles hexaméthyléniques enfin, il est bon de noter que Farquharson et Sastri ont étudié plus d'un cas particulier; les nouvelles valeurs sont alors assez divergentes entre elles et restent assez différentes des nôtres. On trouve en effet :

	$10^6 K_M$ mesuré (F. S.)	$10^6\lambda'$	$10^6\lambda''$	$10^6\lambda$ moyen
Acide caproïque	−78,14	−0,98	+0,10	0
» cyclopentanecarboxylique	−73,48			
» heptoïque	−89,74	+0,86	+1,94	3,1
» cyclohexanecarboxylique	−83,24			
Alcool hexylique	−79,81	+0,87	+0,65	+3,1
Cyclohexanol	−73,30 (−72,8 Pascal)			
Hexane	−74,91 (−76,4 Pascal)			
Cyclohexane	−68,13 (−68,2 Pascal)	+1,14	+0,92	+3,1

Et cependant notre incrément $+3,1.10^{-6}$, moyenne comme tous les autres de mesures nombreuses, paraît mieux convenir aux calculs des susceptibilités moléculaires, même dans les cas compliqués où s'accumulent les cycles saturés de 6 atomes de carbone. C'est le cas par exemple pour les corps suivants :

Cholestérol $C^{27}H^{45}OH$	−285,0	−287,0
Acide déhydrocholique $C^{24}H^{34}O^5$	−235,6	−237,1

([2]) *Trans. Faraday Soc.*, 33, 1937, p. 1473.

A ce sujet on notera encore en passant que l'accumulation des causes d'insaturation finit par ne plus avoir d'effet sur le diamagnétisme moléculaire : témoin le terme correctif relatif aux cyclohexadiéniques $\lambda = +10,7.10^{-6}$, pratiquement égal à celui qui correspond à deux liaisons éthyléniques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réglementation et extension de la réaction de Jürgens, pour l'aconitine.* Note de M. **Georges Denigès**.

I. L'identification, par voie chimique, de l'aconitine est unanimement considérée comme une opération des plus délicates et l'on ne connaît guère, pour y arriver, que le procédé d'ordre micro-cristallin de Jürgens, consistant dans la formation d'iodhydrate de cet alcaloïde, se présentant en lamelles clinorhombiques incolores, par l'action de l'iodure de potassium en milieu hydro-acétique.

Bien que figurant dans la plupart des Traités de Toxicologie, ce procédé n'a pas donné, entre toutes les mains, les résulats escomptés. Il est, en tout cas, qualifié de peu sensible et d'une réalisation difficile; ce sont les termes de la *Chimie Toxicologique* d'Ogier et Kohn Abrest, et les auteurs ne s'accordent même pas toujours sur l'aspect des lamelles typiques, que Fonzes-Diacon, dans son *Précis de Toxicologie,* déclare de couleur orangée, ce qui est d'ailleurs inexact, ainsi que nous le verrons plus loin.

En examinant de près les conditions de formation de ces cristaux, je me suis bien vite aperçu que ces critiques et discordances provenaient de l'imprécision de la technique indiquée par l'auteur, surtout en ce qui concerne le titre de son réactif hydro-acétique.

Je me suis convaincu que la réussite constante de la réaction de Jürgens exigeait que le titre de la solution d'aconitine essayée fût au moins de 1, ou mieux encore de 2 %, et que celui de la dilution acétique fût compris entre 5 et 10 % d'acide pur (avec un optimum pour cette dernière valeur). Quand ce titre atteint ou dépasse 20 %, une certaine quantité d'iode, libérée de l'iodure, se fixe sur les lamelles cristallines et les colore en jaune (cas de Fonzes-Diacon).

Enfin il est nécessaire que la concentration des ions iodés, dans le milieu où se pratique l'essai, soit aussi grande que possible.

Ces trois points étant observés, rien n'est plus facile que d'obtenir des cristaux d'iodhydrate d'aconitine.

On s'en assurera en préparant, comme point de départ, une solution de $0^g,20$ d'azotate d'aconitine cristallisé dans un mélange de 9^{cm^3} d'eau et de 1^{cm^3} d'acide acétique cristallisable.

En possession de ce liquide on peut opérer soit avec une solution de IK à 90 %, soit avec le même sel solide, en nature.

Dans les deux cas, avec une baguette de verre à extrémité arrondie par

fusion et d'à peu près 5^{mm} de diamètre, trempée, sur une longueur de 1^{cm} environ, dans la solution alcaloïdique, on dépose, par simple contact, 1 goutte de ce liquide sur une lame porte-objet.

A partir de ce moment, ou bien, prélevée dans les mêmes conditions que précédemment, on porte sur cette première goutte 1 goutte de solution de IK à 90 %, ou bien on dépose à son centre un petit cristal de IK de 3 à 4^{mg}.

Après une minute au moins de contact, et sans couvrir la préparation d'une lamelle, on l'examine au microscope, à un grossissement de 130 à 200 D.

On aperçoit alors, en divers points, de nombreuses lamelles cristallines, incolores, formées pour la plupart d'octaèdres surbaissés à axes peu visibles.

Quand on opère avec un cristal d'iodure, il se crée bientôt, à son pourtour, une zone très concentrée d'ions iodés favorisant, de leur côté, la formation des lamelles d'iodhydrate.

Comme, d'une part, la concentration du nitrate d'aconitine peut être abaissée à 1 % (ce qui correspond à 0,8 % de base libre), sans cesser de fournir une réaction certaine et que, d'autre part, chaque gouttelette, prélevée comme il a été prescrit ne représente, le plus souvent, qu'un dixième de goutte normale (soit 200 gouttes au centimètre cube), on se rend compte que la quantité d'alcaloïde susceptible d'être décelée dans cet essai est de $0^{mg},04$, pouvant être réduite à $0^{mg},02$ si l'on utilise l'iodure solide plutôt qu'en solution, car alors il n'apporte plus de dilution sensible dans l'ensemble de la préparation.

S'il s'agit de l'identification de l'alcaloïde à l'état solide, on l'additionne soit d'une gouttelette d'acide acétique au dixième, puis d'un cristal de IK, soit d'une gouttelette de solution à 90 % de IK, acidulée du dixième de son volume du même acide cristallisable.

Ainsi procédera-t-on avec un résidu soupçonné aconitique provenant d'un produit d'extraction, convenablement purifié, en toxicologie.

Ces préparations se conservent longtemps; lorsque, spontanément ou artificiellement, elles se sont suffisamment évaporées, il arrive qu'à côté des lamelles typiques, des cristaux de IK se déposent. Une gouttelette d'eau, dispersée sur l'ensemble, dissout ces derniers en respectant l'iodhydrate d'aconitine

II. J'ai pensé que les autres halogénures alcalins fourniraient peut-être, avec l'aconitine, des résultats semblables à ceux que donnent les iodures. En effet en employant soit une solution très concentrée (BrK à 50 %; ClNa à 30 %) soit un cristal de ces sels, on constate qu'il en est bien ainsi, à condition d'observer fidèlement la technique fixée plus haut avec IK, et les bromhydrate et chlorhydrate (ce dernier un peu plus long à apparaître) d'aconitine présentent le même aspect que l'iodhydrate correspondant.

L'analogie est même telle qu'avec l'ion triazote, dont les rapports avec les ions halogènes sont si nombreux, j'ai pu établir un nouveau rapprochement avec les chloroïdes vis-à-vis de l'aconitine. Effectivement, en projetant quelques

parcelles d'azoture de sodium pur dans une gouttelette de solution hydro-acétique d'aconitine à 2 %, j'ai obtenu, très rapidement, des lamelles clino-rhombiques d'azothydrate de cet alcaloïde.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

André Guillaumin. *Introduction à la Flore de la Nouvelle-Calédonie*. Extrait des *Annales du Musée colonial de Marseille*, I, 1943 (présenté par M. A. Chevalier).

M. **Jean Loiseleur** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1943.

M[mes] **Pierre Allorge, Roger Heim**; M[lles] **Lucienne Beauquesne, Thérèse Pobeguin**; MM. **Georges Allard, Paul Baize, Jacques Bénard, Pierre Birot, Henri Cartan, Marius Chadefaud, Henri Charpentier, Édouard Chatton, Lucien Chopard, André Chrétien, Henri Chrétien, Louis Couffignal, Pierre Crété, Georges Curasson, Albert Dalcq, Georges Darrieus, Jean Delsarte, Jean-Louis Destouches, Jean Didiée, Jean Dieudonné, Robert Ph. Dollfus, Paul Dubreil, Georges Dupont, Gabriel Foëx, Maurice Fontaine, André Fribourg-Blanc, Raymond Furon, Louis Gallien, Christophe Gaudefroy, Lucien de Gennes, Pierre Grabar, Louis Lafont, René Legendre, André Le Grand, Henri de Leiris, Albert Leulier, André Léveillé, Pierre Limasset, Joseph Magrou, Roger Meslin, Fernand Moreau, André Paillot, Léon Pales, René Paris, Aimé Perpillou, Jacques Rateau, André Rochon-Duvigneaud, Jean Rösch, Louis Royer, Guillaume Rumeau, Paul Sédallian, Roger Servant, Sébastien Turchini** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[me] V[ve] **Ferdinand Gidon** adresse des remercîments pour la distinction accordée aux travaux de son mari.

M[lle] **Jacqueline Ferrand** adresse également des remercîments.

MM. **Paul Bonét-Maury, Pierre Bonnet, Abel Brion, Chin-Kuo-Chun, Jean Coulomb, Jean Cournot**, le **Directeur de l'École nationale vétérinaire de Lyon**, le **Général commandant l'École polytechnique, Édouard Fischer, Raymond Jacquet, Louis Salomon**, le **Secrétaire général et le Président de la Société de Pathologie comparée** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. **Conrad Kilian** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section de Minéralogie.

M. **René Leriche** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. *Antonin Gosset.*

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une généralisation des domaines d'épaisseur constante.* Note de M. **Eugène Blanc**, présentée par M. Paul Montel.

J'ai défini [1] l'adjoint-R d'un ensemble plan E comme l'ensemble des points communs aux cercles fermés de rayon R centrés sur E et j'ai montré que E et son adjoint sont réciproques dans le cas où E est surconvexe-R et seulement dans ce cas. Il existe alors entre les frontières (que l'on dira aussi adjointes l'une de l'autre) de ces ensembles une correspondance qui, à chaque point non anguleux de l'une, fait correspondre un point unique de l'autre, tandis qu'à un point anguleux de l'une correspond un arc de cercle de l'autre; à toute droite d'appui de l'un des ensembles correspond pour l'autre une droite d'appui parallèle passant par l'un des points correspondants, ces deux droites étant distantes de R.

Cette correspondance a donc exactement les mêmes caractères que celle qui relie les points et les droites d'appui opposés d'un même orbiforme d'épaisseur R. D'autres propriétés des orbiformes se trouvent généralisées par le couple d'ensembles R-*complémentaires* ainsi défini.

I. Si l'on considère les fonctions d'appui $H_1(\varphi)$ et $H_2(\varphi)$ de ces deux ensembles, on a

$$H_1(\varphi) + H_2(\varphi + \pi) = R,$$

d'où résulte que :

1° *La somme des longueurs des deux frontières est égale à* $2\pi R$.

2° *La somme des longueurs de deux arcs correspondants est égale à* αR, *en désignant par* α *la déflexion commune de ces deux arcs, c'est-à-dire l'angle des droites d'appui extrêmes.* (Ce résultat reste d'ailleurs valable même si l'un ou l'autre des arcs contient des points anguleux ou se réduit à un tel point.)

3° *Si l'une des frontières possède un rayon de courbure en un point, l'autre possède un rayon de courbure au point correspondant et la somme de ces deux rayons est constamment égale à* R (en un point anguleux le rayon de courbure doit être considéré comme nul).

II. *Si l'on fait, au sens de la théorie des figures convexes, la somme des deux ensembles considérés, on obtient un ensemble d'épaisseur constante* $2R$.

En effet, la fonction d'appui de la somme est $H(\varphi) = H_1(\varphi) + H_2(\varphi)$, et l'on a

$$H(\varphi) + H(\varphi + \pi) = H_1(\varphi) + H_2(\varphi + \pi) + H_1(\varphi + \pi) + H_2(\varphi + 2\pi) = 2R.$$

---

[1] *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 60, 1943, pp. 215-246.

Si l'on ajoute à l'un des ensembles le symétrique de l'autre par rapport à l'origine, on obtient comme fonction d'appui

$$H'(\varphi) = H_1(\varphi) + H_2(\varphi + \pi) = R;$$

la somme est un cercle de centre O *et de rayon* R.

Cette dernière construction généralise sur deux ensembles celle du domaine vectoriel d'un ensemble convexe; le domaine vectoriel est en effet la somme de l'ensemble et de son symétrique par rapport à l'origine. On sait que le domaine vectoriel d'un orbiforme de largeur R est un cercle de rayon R.

Nous avons donné à deux ensembles le nom d'*ensembles* R-*complémentaires* lorsqu'ils sont dans la relation définie plus haut. Ce qui précède montre clairement les raisons de cette dénomination.

III. Il résulte immédiatement des définitions que :

Tout orbiforme d'épaisseur R *coïncide avec son* R-*complément et tout ensemble qui coïncide avec son* R-*complément est un orbiforme d'épaisseur* R.

Une propriété qui revient à celle-ci a été admise implicitement par certains auteurs ([2]), qui en ont déduit la formation d'un orbiforme à partir d'un arc dont la déflexion est égale à π, la distance entre les extrémités égale à R et dont le rayon de courbure ne dépasse pas R. A cette construction correspond la possibilité de former un couple de R-compléments à partir d'un ensemble *scv*R quelconque pris comme l'un des éléments.

Il y a là, nous semble-t-il, pour la technique une possibilité intéressante : celle de pouvoir construire des cames à double guidage tangentiel ne permettant ni jeu, ni retard dans le mouvement des organes commandés et pour lesquelles la loi du mouvement puisse être donnée arbitrairement (dans la limite des conditions de courbure imposées aux *scv*R) pour toute la durée d'un tour complet. Les orbiformes en effet donnent la possibilité d'un tel guidage, mais la loi ne peut être imposée arbitrairement (sous les mêmes réserves) que pendant un demi-tour, la forme de l'orbiforme étant entièrement définie dès que l'on en connaît la moitié.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la composition de seconde espèce et les fonctions de Schmidt.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Sur l'intervalle (a, b) les noyaux considérés dans cette Note sont bornés et sommables par rapport à chacune des variables ainsi que leurs carrés. Pour simplifier l'exposé, nous supposerons de plus que les noyaux, fonctions de variables réelles, sont eux-mêmes à valeurs réelles. Mais tous les résultats s'étendent immédiatement au cas où les noyaux sont à valeurs complexes.

([2]) Voir par exemple H. Bückner, *Jahr. Deut. Mat. Ver.*, 46, 1936, pp. 115 et suiv.

A une valeur de Schmidt λ_i d'un noyau K correspondent deux fonctions de Schmidt φ_i et ψ_i à gauche et à droite; il nous est commode d'introduire, pour désigner le noyau K, le symbole $K[\varphi_i, \psi_i, \lambda_i]$.

1. *Décomposition canonique.* — Étant donnés deux noyaux $H[\varphi_i, \psi_i, \alpha_i]$ et $K[\psi_i, \chi_i, \beta_i]$, on appelle *produit de composition de ces deux noyaux* le noyau

$$L(x, y) = \int_a^b H(x, s) K(s, y)\, ds.$$

Inversement le noyau L est dit admettre une ***décomposition canonique***. Le noyau L admet évidemment, parmi ses fonctions de Schmidt à gauche, les fonctions φ_i, et, parmi ses fonctions de Schmidt à droite, les fonctions χ_i, les valeurs de Schmidt correspondantes étant $\lambda_i = \alpha_i \beta_i$. D'après le théorème de Hilbert-Schmidt appliqué aux noyaux H et K, le noyau L est développable en la série absolument et uniformément convergente par rapport à chacune des variables sur (a, b)

$$\text{(1)} \qquad L(x, y) = \sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\varphi_i(x) \chi_i(y)}{\lambda_i}.$$

Il en résulte que *le noyau* L *n'admet pas d'autres couples de fonctions de Schmidt que les couples* (φ_i, χ_i). Supposons que les noyaux H et K considérés soient des noyaux de Fredholm. D'après le lemme de Dini, les séries

$$\sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\varphi_i^2(x)}{\alpha_i^2}, \qquad \sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\chi_i^2(x)}{\beta_i^2}$$

convergent uniformément par rapport à x. Il en résulte que *le développement* (1) *converge uniformément par rapport à l'ensemble des variables x et y.* Ces résultats s'étendent immédiatement au cas où le noyau H a un nombre fini de fonctions de Schmidt à droite distinctes des fonctions de Schmidt à gauche de K. On définit aisément d'une manière analogue la décomposition canonique d'un noyau en un nombre fini de noyaux.

2. *Décomposition canonique d'un noyau donné, l'un des facteurs étant connu.* — Étant donnés deux noyaux $L[\varphi_i, \chi_i, \lambda_i]$ et $H[\varphi_i, \psi_i, \alpha_i]$, on peut chercher s'il existe des noyaux correspondants $K[\psi_i, \chi_i, \beta_i = \lambda_i/\alpha_i]$. Pour qu'il existe un noyau K tel que

$$L(x, y) = \int_a^b H(x, s) K(s, y)\, ds,$$

il faut et il suffit que la série

$$\sum_{i=1}^{i=\infty} \alpha_i^2 \frac{\chi_i^2(y)}{\lambda_i^2} = \sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\chi_i^2(y)}{\beta_i^2}$$

soit convergente. S'il en est ainsi, on peut choisir le noyau K de façon à

admettre comme seules fonctions de Schmidt les couples (ψ_i, χ_i). A cet effet il suffit de prendre K tel que

$$\lim_{n\to\infty}\int_a^b\left[\mathrm{K}(x, y)-\sum_{i=1}^{i=n}\frac{\psi_i(x)\chi_i(y)}{\beta_i}\right]^2 dx = 0.$$

3. *Noyaux premiers et non premiers.* — Nous dirons qu'un noyau est *premier* s'il n'admet pas de décomposition canonique en un produit de deux noyaux; nous dirons qu'il est *non premier* dans le cas contraire. *Pour qu'un noyau* L *soit premier, il faut et il suffit qu'il n'existe pas de couples de nombres* (α_i, β_i) *tels que*

$$\alpha_i\beta_i = \lambda_i$$

et que les deux séries

$$\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{\varphi_i^2(x)}{\alpha_i^2}, \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{\chi_i^2(x)}{\beta_i^2} \tag{3}$$

soient convergentes. Il est clair en effet que, si un noyau est non premier, il existe bien des couples (α_i, β_i) satisfaisant aux conditions énoncées. Inversement, s'il existe de tels couples, la série (2) étant convergente, il existe un noyau symétrique $\mathrm{S}[\varphi_i, \varphi_i, \alpha_i]$; la série (3) étant convergente, il existe un noyau $\mathrm{K}[\varphi_i, \chi_i, \beta_i]$ tel que

$$\mathrm{L}(x, y) = \int_a^b \mathrm{S}(x, s)\mathrm{K}(s, y)\, ds.$$

Le raisonnement montre de plus que *tout noyau non premier admet une décomposition canonique en un produit de deux noyaux dont l'un peut être choisi symétrique.* En dehors de la condition suggérée par la partie (1), il est facile de trouver des conditions suffisantes simples pour qu'un noyau L soit premier. Si les séries (2) et (3) convergent, il en est en effet de même des séries

$$\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{\varphi_i^2(x)}{|\lambda_i|}\operatorname*{Min}_{x\in(a,b)}\left(\frac{\chi_i^2}{\varphi_i^2}\right), \qquad \sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{\chi_i^2(x)}{|\lambda_i|}\operatorname*{Min}_{x\in(a,b)}\left(\frac{\varphi_i^2}{\chi_i^2}\right),$$

dont les termes ne dépendent que du noyau L considéré. On en déduit que si L est non premier, les valeurs de Schmidt des noyaux facteurs peuvent être astreintes aux inégalités

$$|\lambda_i|\,\mathrm{Min}\left(\frac{\varphi_i^2}{\chi_i^2}\right) < \alpha_i^2 < |\lambda_i|\,\mathrm{Max}\left(\frac{\varphi_i^2}{\chi_i^2}\right),$$

$$|\lambda_i|\,\mathrm{Min}\left(\frac{\chi_i^2}{\varphi_i^2}\right) < \beta_i^2 < |\lambda_i|\,\mathrm{Max}\left(\frac{\chi_i^2}{\varphi_i^2}\right).$$

4. *Cas d'un noyau symétrique.* — Pour qu'un noyau symétrique soit non

premier, il faut et il suffit que la série associée

$$\sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\varphi_i(x)\varphi_i(y)}{\lambda_i}$$

converge absolument, la réciproque résultant immédiatement de la convergence de la série $\sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\varphi_i^2(x)}{|\lambda_i|}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de développements en série.* Note [1] de M. **Yves Martin**, présentée par M. Paul Montel.

Les fonctions $\varphi(z, n)$ étant entières et satisfaisant à la condition

$$(1) \qquad m < \left| \frac{\varphi(z, n)}{z^n} \right| < M \qquad \text{pour } r \leqq |z| \leqq R \text{ et } n > N(r, R),$$

nous nous proposons d'étudier l'ensemble des points de convergence de la série $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ et sa croissance lorsque cet ensemble est constitué par tous les points du plan sauf le point à l'infini.

Nous avons déjà vu [2] que ces séries convergent uniformément et absolument pour $|z| \leqq \rho' < \rho$ avec $1/\rho = \overline{\lim_{n=\infty}} \sqrt[n]{|c_n|}$.

Soit $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n = f(z)$ une série entière de rayon de convergence ρ positif. Si $f(z)$ est représentable par une série $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ de rayon de convergence non nul, cette série et la série entière convergent ou divergent simultanément. Pour démontrer ce résultat, on s'appuie sur le fait que si $\sqrt[n]{|c_n|}$ a une limite supérieure finie, cette limite supérieure est égale à $1/\rho$, et que $|a_n \rho^n|$ est de l'ordre de $|c_n \rho^n|$ et l'on utilise les inégalités que vérifient les coefficients du développement en série entière de $\varphi(z, n)$ [2]. Il n'est donc pas possible de trouver une suite particulière de fonctions $\varphi(z, n)$ telle que la série $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ représente mieux $f(z)$ que la série entière $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$.

Quand les séries $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ ont un rayon de convergence fini non nul, elles se comportent très sensiblement comme des séries entières [2]. Mais

---

[1] Séance du 13 décembre 1944.
[2] *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 383.

si ces séries ont un rayon de convergence infini, on ne peut plus, en général, leur étendre les propriétés des séries entières relatives à la croissance.

D'après ce qui précède, si l'on prend pour $f(z)$ la fonction identiquement nulle et s'il existe une suite c_n satisfaisant au système

$$(2)\qquad \sum_{n=p}^{\infty} c_p \alpha_{n-p}^{p} = 0 \quad (n = 0, 1, 2, \ldots) \qquad \text{avec } \varphi(z, n) = \sum_{q=0}^{\infty} \alpha_{q-n}^{n} z^{q},$$

la série $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ a un rayon de convergence nul ou infini. Les deux cas peuvent effectivement se produire. Cependant, si les fonctions $\varphi(z, n)/z^n$ sont entières et non nulles pour $z = 0$, le système (2) permet de calculer les c_n par récurrence et la représentation d'une fonction quelconque $f(z)$ est unique. On peut alors vérifier directement que $\sqrt[n]{|c_n|}$ a bien une limite supérieure égale à $1/\rho$. D'autre part, si $\varphi(z, n)$ est un polynome de degré n, le système (2) peut admettre des solutions non identiquement nulles mais les séries ainsi trouvées ont un rayon de convergence nul, si bien que la représentation de $f(z)$ par des séries $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$, si elle existe, est encore unique. On ne peut pas espérer améliorer ce dernier résultat, car il est facile de construire des polynomes $\varphi(z, n)$ de degré $n+1$ et tels que $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ soit identiquement nul, la série étant convergente pour tout z. On pourra prendre

$$\varphi(z, 0) = 1 + \frac{3z}{4}; \quad \varphi(z, n) = \frac{z^{n-1}}{n} + z^n + z^{n+1} \frac{n+3}{(n+2)^2} \quad \text{pour } n \neq 0 \quad \text{et} \quad c_n = \frac{(-1)^n}{n!}.$$

En conservant les mêmes fonctions $\varphi(z, n)$ et en prenant $\gamma_n = 1/n!$, on obtient la série

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \varphi(z, n) = 2e^z.$$

Par cet exemple on voit que l'ordre de la fonction $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ n'est plus en général déterminé par la donnée des $|c_n|$. Une modification de l'argument d'un nombre fini ou infini de c_n pourra entraîner un changement de l'ordre de la fonction $f(z)$.

Cependant, si les fonctions $\varphi(z, n)$ sont des polynomes de degré inférieur à kn, l'orde de $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ est au plus égal à l'ordre de $\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ multiplié par k. Et, si $\varphi(z, n)$ est un polynome de degré n au plus, donc effectivement de degré n pour n supérieur à n_0, l'ordre et le type de $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ sont égaux respecti-

vement à ceux de $\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$. Dans ce cas particulier l'ordre et le type de $\sum_{n=0}^{\infty} c_n \varphi(z, n)$ sont donc entièrement déterminés par la donnée des $|c_n|$, quelle que soit la suite des polynomes $\varphi(z, n)$, de degré n au plus, satisfaisant à la condition (1).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Polynomes trigonométriques orthogonaux relatifs à une ellipse de foyers* $(-1, +1)$ [1]. Note [2] de M. **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Paul Montel.

Théorème. — *Les polynomes* $T_n(z) = (\cos n \arc\cos z)/2^{n-1} = z^n + \ldots$ *réalisent le minimum des intégrales*

$$I_n = \int_C f[|P_n(z)|] \frac{ds}{|\sqrt{z^2-1}|}, \qquad J_n = \iint_D f[|P_n(z)|] \frac{d\omega}{|z^2-1|}$$

parmi tous les polynomes de la forme $P_n(z) = z^n + \ldots$, $f(x)$ *étant une fonction réelle convexe et non décroissante quelconque,* C *l'ellipse et* D *le domaine intérieur.*

Nous avons là une double généralisation d'un résultat obtenu pour les variables réelles par M. S. Bernstein [3].

Les polynomes $T_n(z)$ *sont orthogonaux par rapport à l'ellipse, avec le poids* $1/|\sqrt{1-z^2}|$ *au sens linéaire et le poids* $1/|1-z^2|$ *au sens superficiel.*

Les polynomes $(1/2^n)[\sin(n+1) \arc\cos z]/(\sin \arc\cos z) = z^n + \ldots$ *sont orthogonaux de poids* $|\sqrt{1-z^2}|$ *au sens linéaire, et de poids* $|1-z^2|$ *au sens superficiel.*

Les polynomes $(1/2^n)[\sin(n+1/2) \arc\cos z]/(\sin 1/2 \arc\cos z) = z^n + \ldots$ *sont orthogonaux de poids* $|\sqrt{(1-z)/(1+z)}|$ *au sens linéaire, et de poids* $|(1-z)/(1+z)|$ *au sens superficiel.*

Les polynomes $(1/2^n)[\cos(n+1/2) \arc\cos z]/(\cos 1/2 \arc\cos z) = z^n + \ldots$ *sont orthogonaux de poids* $|\sqrt{(1+z)/(1-z)}|$ *au sens linéaire, et de poids* $|(1+z)/(1-z)|$ *au sens superficiel.*

Ces polynomes sont les mêmes pour toutes les ellipses homofocales $(-1, +1)$. Seule la norme dépend de l'ellipse. Les poids superficiels sont les carrés des poids linéaires.

Polynomes normés. — D'après la définition habituelle, les polynomes $Q_n(z)$ orthogonaux sont aussi normés lorsque

$$\frac{1}{l} \int_C |Q_n(z)|^2 \varpi(z)\, ds = 1,$$

l désignant la longueur de la courbe C.

---

[1] Voir, pour les notations, une Note précédente (*Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 587).

[2] Séance du 13 décembre 1944.

[3] *Journal de Math.*, 9e série, **10**, 1931, p. 219-286.

Nous proposons dans notre Note précédente les conditions

$$\frac{1}{M}\int_C |Q_n(z)|^2 \varpi(z)\,ds = 1 \qquad \text{ou} \qquad \frac{1}{\mathfrak{M}}\iint_D |Q_n(z)|^2 \varpi(z)\,d\omega = 1,$$

M étant la masse de la courbe C affectée de la densité linéaire $\varpi(z)$, et $\mathfrak{M}$ la masse de la surface D affectée de la densité superficielle $\varpi(z)$. De tels polynomes peuvent être appelés *orthonormés* au sens linéaire ou superficiel. Il suffit, pour normer les fonctions d'une suite orthogonale, de les diviser par la racine carrée de la norme.

Avec cette définition, nous obtiendrons des expressions simples de la norme des polynomes précédents en introduisant le rayon R de la circonférence d'où provient l'ellipse par la transformation conforme

$$z = \frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right).$$

La masse de toutes les ellipses avec la densité linéaire $1/|\sqrt{1-z^2}|$ est $M = 2\pi$, et la norme des $T_n(z)$ est $N_n = (1/2^{2n})[R^{2n} + (1/R^{2n})]$.

La masse de l'ellipse avec la densité linéaire $|\sqrt{1-z^2}|$ est

$$M = \frac{\pi}{2}\left(R^2 + \frac{1}{R^2}\right),$$

et la norme des seconds polynomes est

$$N_n = \frac{1}{2^{2n}}\,\frac{R^{2n+2} + \frac{1}{R^{2n+2}}}{R^2 + \frac{1}{R^2}}.$$

Pour les deux derniers polynomes, la masse M_R est la même et s'exprime par des intégrales elliptiques, la norme commune est

$$N_n = \frac{\pi}{2^{2n} M_R}\left(R^{2n+1} + \frac{1}{R^{2n+1}}\right).$$

La masse de l'ellipse avec la densité superficielle $1/|1-z^2|$ est $\mathfrak{M}_R = 2\pi \log R$ et la norme des $T_n(z)$ est ici

$$\mathfrak{N}_n = \frac{1}{2^{2n}}\,\frac{1}{2n \log R}\left(R^{2n} - \frac{1}{R^{2n}}\right).$$

Les normes superficielles des autres polynomes se calculent de même sans intégrales elliptiques, mais ne présentent pas d'expressions remarquables.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la détermination cinématique de la dureté à l'aide d'un cône.* Note de MM. **Pierre Dubois** et **André Dumez**.

De nombreuses recherches ont été faites sur la dureté, comme en témoignent les 410 Mémoires qui sont cités dans l'Ouvrage de O' Neill [1].

---

[1] *The hardness of metals and its measurement*, London, 1934.

Au cours d'un long travail, nous avons obtenu les résultats les plus simples en réalisant l'empreinte à l'aide d'un cône. Voici un résumé de l'étude faite avec ce pénétrateur, étude qui fera prochainement l'objet d'un Mémoire détaillé.

Principe de la méthode. — Nous avons adapté à une machine Chevenard à enregistrement graphique ([2]) différents dispositifs permettant l'enregistrement de la courbe : force-pénétration, dans les conditions variées nécessitées par nos recherches.

Étude des courbes obtenues. — Plus de 300 courbes, relatives à des corps simples ou composés et à des matériaux p divers, sont des paraboles pour lesquelles la force F est liée à la pénétration (généralement de l'ordre du millimètre) par la relation $F = Kp^2$. La constante K a été déterminée, pour chaque courbe, en utilisant la méthode des moindres carrés ou, le plus souvent, la méthode de Cauchy.

Influence du temps sur la valeur de K. — Alors que la durée habituelle de chaque expérience est de 1 minute, nous avons opéré à des vitesses constantes dans chaque cas, mais différentes de l'un à l'autre, cette durée ayant varié de 0,5 à 25 minutes. Entre ces limites, il ne semble pas, aux erreurs d'expériences près, qui n'excèdent pas ± 2 % par rapport à la moyenne, que le temps ait une influence sur le résultat.

Influence de l'angle du cône. — Nous avons utilisé des cônes en carbure de tungstène ayant des angles au sommet très différents. Quelques exemples des courbes qui traduisent les résultats obtenus sont donnés dans la figure 1.

Interprétation des résultats. — Le coefficient K, qui a les dimensions d'une pression, est une caractéristique du solide. Toutefois, comme cette pression n'est pas statique, nous avons préféré la définition suivante de la propriété étudiée. *La dureté est le travail nécessaire au refoulement à vitesse constante de l'unité de volume d'un solide à l'aide d'un pénétrateur donné.* Comme la détermination découle de l'enregistrement fait pendant l'expérience, nous avons appelé *dureté cinématique* le nombre qui traduit l'évaluation de ce travail. La même désignation nous semble convenir à la dureté calculée d'après la durée de choc ([3]) ou les oscillations d'un pendule ([4]).

Un calcul simple donne, dans le cas d'un cône d'angle au sommet α, pour la valeur de ce travail $T = K/\pi \operatorname{tg}^2 \alpha/2$. On arriverait à la même formule en partant de l'expression qui définit la dureté Meyer $\Delta_m = F/S$, où F est la force ayant servi à produire une empreinte dont le cercle à la surface du solide a une aire S.

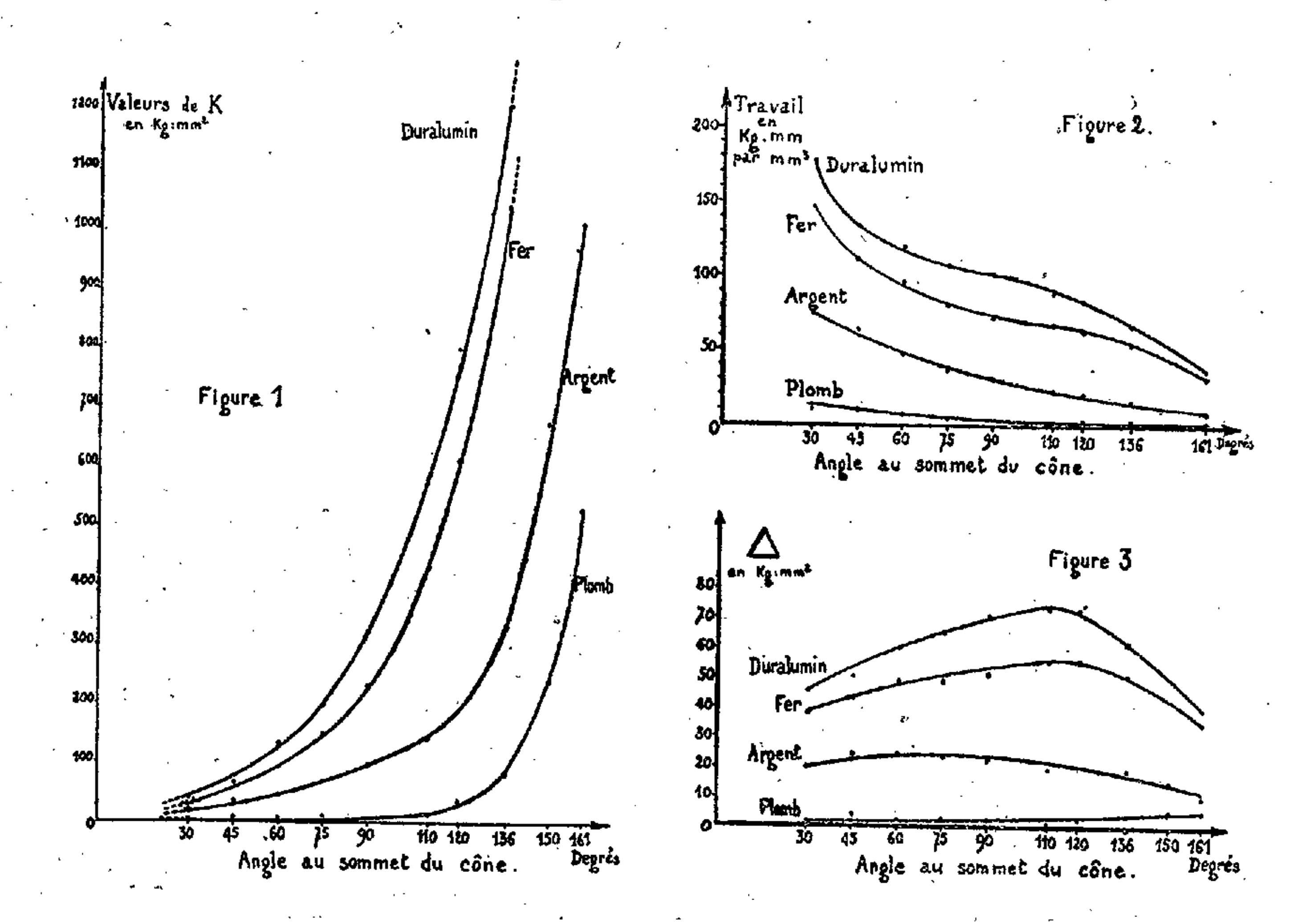
Les courbes de la figure 2 montrent quelques exemples de la variation de ce

([2]) *Revue de métallurgie*, 33, n° 4, 1936, p. 280.

([3]) G. Moreau, *Ann. de phys.*, 14, 1920, p. 306.

([4]) Le Rolland, *Revue de métallurgie*, 23 Mémoires, 1936, p. 567.

travail T, exprimé en kgmm/mm³, en fonction de l'angle au sommet de chacun des cônes utilisés. A titre de comparaison les courbes de la figure 3 traduisent



aussi, en fonction de ces différents angles, l'évolution de la dureté cinématique calculée d'après la relation $\Delta = F/S$, où F est la force en kilogrammes ayant produit, sous cette charge, une empreinte de surface latérale S/mm^2. C'est la relation habituellement employée pour calculer la dureté statique après la suppression de la charge sur le pénétrateur conique (Ludwik) ou sur la bille (Brinell).

Valeurs numériques. — Voici quelques valeurs de la dureté cinématique déterminées avec un cône d'angle au sommet égal à 90°. Les nombres entre parenthèses sont les duretés Brinell (charge de 500^{kg}, bille de 10^{mm} de diamètre) relatives à quelques mesures dans lesquelles le facteur temps a une influence assez faible.

Corps simples et alliages.				*Sels fondus et matériaux divers.*	
Aluminium..	22	Magnésium.	25	Carbonate de sodium.	112
Antimoine..	68 (72)	Nickel.....	90 (96)	Nitrate de sodium....	33
Argent......	32	Plomb.....	2,7	Chlorure de potassium.	10,5
Bismuth....	9,6	Zinc......	34	Gypse (fer de lance)..	34
Cuivre......	81 (87)	Acier......	175 (490)	Caoutchouc.......... (Dureté Shore 10)	0,36
Étain......	8,0	Duralumin.	103 (114)	Bakélite (P_{21}).......	48
Fer.........	74 (80)	Laiton.....	107 (125)	Buis...............	6,2

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Les caractéristiques, selon Cauchy, des équations d'évolution des particules à spin et l'équation relativiste de Jacobi.* Note de M. **Edmond Arnous.**

La recherche des caractéristiques des équations d'évolution des particules à spin conduit à une équation aux dérivées partielles, qui n'est autre que l'équation de Jacobi de la relativité restreinte.

Cette remarque a été faite par G. Racah ([1]) au sujet des équations de Dirac. Nous l'étendrons aux équations du photon. De là on passe sans peine au cas général. A vrai dire Racah obtient l'équation de Jacobi privée de termes en eA_i/c et $m_0 c$ ([2]). Si l'on désire conserver ces termes, il suffit de considérer une fonction d'onde évoluant dans l'espace à cinq dimensions, en introduisant, comme on l'a souvent fait, outre les variables d'Univers $x_1, \ldots, x_4 = \text{const.}$, une cinquième variable x_5, à laquelle on fait jouer le rôle du temps. En remplaçant alors devant eA_i/c et $m_0 c$ le facteur $2\pi i/h$ par $-\partial/\partial x_5$, on obtient des équations (non quantiques), qui s'identifient avec les équations de Dirac lorsqu'on se borne aux solutions de la forme $\psi(x_1, \ldots, x_4)\exp. - 2\pi i x_5/h$,

$$\left(\frac{\partial}{\partial x_4} - \frac{eA_4}{c}\frac{\partial}{\partial x_5}\right)\Psi_j = \left[\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{\partial}{\partial x_i} + \frac{eA_i}{c}\right)\alpha_i - m_0 c \frac{\partial}{\partial x_5}\alpha_4\right]\Psi_j,$$

où les α sont les matrices de Dirac.

Appliquons le même procédé aux équations du photon

$$\frac{\partial \Psi_{kl}}{\partial x_4} = \left[\sum_{i=1}^{3}\frac{\partial}{\partial x_i}\,\frac{a_i^{(1)} + a_i^{(2)}}{2} - \mu_0 c \frac{\partial}{\partial x_5}\,\frac{a_4^{(1)} + a_4^{(2)}}{2}\right]\Psi_{kl}.$$

Les a désignant les matrices bien connues. Développons et formons le déterminant caractéristique ([3]). On voit sans peine que cela revient à former la matrice à seize lignes et seize colonnes ([4])

$$\Delta = \left\| -\frac{\partial S}{\partial x_4}E + \sum_{i=1}^{3}\frac{\partial S}{\partial x_i}\,\frac{a_i^{(1)} + a_i^{(2)}}{2} + \mu_0 c\,\frac{a_4^{(1)} + a_4^{(2)}}{2}\right\|$$

([1]) *Atti dei Lincei,* (6), **13**, 1931, p. 424.

([2]) Les A_i sont les composantes covariantes du potentiel d'Univers.

([3]) La surface $S(x_1, \ldots, x_{n-1}) = x_n$ est caractéristique pour le système

$$\sum_{ij}\lambda_{kj}^{i}\frac{\partial \Psi_j}{\partial x_i} + \mu_k = 0$$

si le déterminant de terme général $(k, j) = \sum_{i}^{n-1}\lambda_{kj}^{i}\,\partial S/\partial x_i - \lambda_{kj}^{n}$ est nul.

([4]) E désigne la matrice unité à seize lignes et seize colonnes.

ou, en explicitant, et, pour plus de clarté, en groupant les termes en matrices partielles (à quatre lignes et quatre colonnes) ([5]),

$$\Delta = \begin{Vmatrix} \Delta_1 & 0 & \theta_3 E & \theta_1 E \\ 0 & \Delta_1 & \theta_2 E & -\theta_3 E \\ \theta_3 E & \theta_1 E & \Delta_2 & 0 \\ \theta_2 E & -\theta_3 E & 0 & \Delta_2 \end{Vmatrix},$$

Δ_1 et Δ_2 étant les matrices (à quatre lignes et quatre colonnes)

$$\Delta_1 = \begin{Vmatrix} 2\theta_4 & 0 & \theta_3 & \theta_1 \\ 0 & 2\theta_4 & \theta_2 & -\theta_3 \\ \theta_3 & \theta_1 & \theta_4+\theta_5 & 0 \\ \theta_2 & -\theta_3 & 0 & \theta_4+\theta_5 \end{Vmatrix}, \qquad \Delta_2 = \begin{Vmatrix} \theta_4+\theta_5 & 0 & \theta_3 & \theta_1 \\ 0 & \theta_4+\theta_5 & \theta_2 & -\theta_3 \\ \theta_3 & \theta_1 & 2\theta_5 & 0 \\ \theta_2 & -\theta_3 & 0 & 2\theta_5 \end{Vmatrix},$$

$$\theta_1 = \frac{\partial S}{\partial x_1} + i\frac{\partial S}{\partial x_2}, \quad \theta_2 = \frac{\partial S}{\partial x_1} - i\frac{\partial S}{\partial x_2}, \quad \theta_3 = \frac{\partial S}{\partial x_3}, \quad \theta_4 = \frac{\partial S}{\partial x_4} + \mu_0 c, \quad \theta_5 = \frac{\partial S}{\partial x_4} - \mu_0 c.$$

Multiplions par les matrices (à seize lignes et seize colonnes)

$$\begin{Vmatrix} \Delta_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & E & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E \end{Vmatrix}, \qquad \begin{Vmatrix} E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \theta_3 E & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E \end{Vmatrix}, \qquad \begin{Vmatrix} E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & E & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \theta_2 E \end{Vmatrix}.$$

Ceci revient à multiplier les matrices des colonnes 1, 2, 3, 4 respectivement par Δ_2, θ_3, θ_2 et détΔ par $\theta_2^4\theta_3^4$ détΔ_2. Retranchons des matrices de la première colonne celles des deux dernières, il vient

$$\text{dét}\,\Delta = \frac{1}{\text{dét}\,\Delta_1}\,\text{dét}\begin{Vmatrix} \Delta_1\Delta_2 - (\theta_3 E)^2 - (\theta_1 E)(\theta_2 E) & 0 & \theta_3 E & \theta_1 E \\ 0 & \Delta_1 & \theta_2 E & -\theta_3 E \\ 0 & \theta_1 E & \Delta_2 & 0 \\ 0 & -\theta_3 E & 0 & \Delta_2 \end{Vmatrix}$$

$$= [\text{dét}\,\|\Delta_1\Delta_2 - (\theta_3 E)^2 - (\theta_1 E)(\theta_2 E)\|]^2 = \left(4\frac{\partial S}{\partial x_4}\right)^8 \left[\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{\partial S}{\partial x_i}\right)^2 - \left(\frac{\partial S}{\partial x_4}\right)^2 + \mu_0^2 c^2\right]^4.$$

Ce qui nous mène bien à l'équation de Jacobi. En conclusion, les caractéristiques des équations d'évolution, dans l'espace à cinq dimensions, sont les solutions de l'équation

$$\text{dét}\left\| -\frac{\partial S}{\partial x_4}E + \sum_{i=1}^{3}\frac{\partial S}{\partial x_i}\frac{\Sigma_p a_i^{(p)}}{n} + \mu_0 c\,\frac{\Sigma_p a_4^{(p)}}{n} \right\| = 0.$$

Elles ne sont autres que les solutions de l'équation de Jacobi de la relativité restreinte. Dans l'espace à quatre dimensions, les conclusions sont les mêmes, mais le terme $\mu_0 c$ disparaît.

([5]) E et o désignent ici respectivement la matrice unité et la matrice nulle à quatre lignes et quatre colonnes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la relation de Uhlenbeck et Laporte pour le photon.* Note de M. **Léon Bloch.**

La relation de Uhlenbeck et Laporte pour l'électron de Dirac s'écrit

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\sigma_4}{\partial t} + \operatorname{div}\vec{\sigma} = -m_0 c I_2. \tag{1}$$

Les grandeurs σ_x, σ_y, σ_z sont les densités de valeurs moyennes du spin. L'interprétation de σ_4 et de I_2 est moins bien connue.

La théorie du photon de M. L. de Broglie fait intervenir 32 opérateurs F, dont 16 sont symétriques et 16 antisymétriques. Ce sont entre autres les opérateurs

$$\frac{A_4 \pm B_4}{2},$$

$$\frac{iA_2A_3 \pm iB_2B_3}{2}, \quad \frac{iA_3A_1 \pm B_3B_1}{2}, \quad \frac{iA_1A_2 \pm iB_1B_2}{2}, \quad \frac{iA_1A_2A_3 \pm iB_1B_2B_3}{2},$$

$$\frac{A_1A_2A_3A_4 \pm B_1B_2B_3B_4}{2}.$$

Les A et les B sont des matrices qui agissent sur la fonction d'onde Φ_{ik} comme les matrices α de Dirac agissent sur la fonction d'onde Ψ_k, les A n'opérant que sur les indices i et les B que sur les indices k (avec inversion de signe pour B_2 et B_4).

A l'aide des opérateurs F, M. L. de Broglie a construit un certain nombre de grandeurs *électromagnétiques* attachées au photon. Guidé par l'idée que les effets électromagnétiques sont toujours corrélatifs d'une destruction du photon, il a imposé aux grandeurs *électromagnétiques* la forme $\Phi^0 F \Phi$, où Φ est la fonction d'onde du photon dans son état actuel, Φ^0 sa fonction dans l'état d'annihilation.

Il est facile de vérifier avec M. L. de Broglie que les opérateurs ci-dessus ne conduisent à des grandeurs électromagnétiques différentes de zéro que si l'on utilise le signe —. Les équations auxquelles obéissent ces grandeurs sont des équations *non maxwelliennes,* parmi lesquelles figure une équation *identique de forme* à l'équation (1), mais où σ_x, σ_y, σ_z sont les composantes de l'*antipotentiel,* les grandeurs σ_4 et I_2 restant de signification un peu confuse.

L'équation dont nous venons de parler ne semble toutefois pas être l'homologue exact de l'équation de Uhlenbeck et Laporte. Nous avons dit que, dans le cas de l'électron, les σ_x, σ_y, σ_z sont les composantes du *spin.* Or le photon possède lui aussi un spin S_x, S_y, S_z. Celui-ci n'est pas une grandeur électromagnétique. Il est convenable de l'associer à un opérateur F par la formule

$$S = \Phi^{*l'} F \Phi^l, \tag{2}$$

où l désigne l'état actuel du photon, l' un autre état *distinct de l'état d'annihi-*

lation (état O). Quand F est un opérateur du type $A + B$, on sait que pour le calcul des densités d'éléments de matrices $S_{ll'}$, il convient de remplacer dans (2) F par $AB_4 + BA_4$. Si $l = l'$, la formule définit alors une densité de valeur moyenne.

L'opérateur F associé au spin du photon est l'opérateur *symétrique*

$$\frac{iA_2A_3 + iB_2B_3}{2}, \quad \frac{iA_3A_1 + B_3B_1}{2}, \quad \frac{iA_1A_2 + B_1B_2}{2}.$$

Les opérateurs associés à S_4 et à $\mathcal{J}_2$ sont

$$-\left[\frac{iA_1A_2A_3 + iB_1B_2B_3}{2}\right] \quad \text{et} \quad \frac{A_1A_2A_3A_4 + B_1B_2B_3B_4}{2}.$$

Nous disons que l'on peut écrire une équation (non maxwellienne) identique de forme à la relation de Uhlenbeck et Laporte, et où les S, comme les σ, *ont la signification du spin*. Les calculs sont identiques à ceux qui permettent de vérifier la relation de Uhlenbeck et Laporte pour l'électron.

Dans le cas de l'onde plane monochromatique, on établit aussi les formules

$$(3) \qquad S_4 = S_z \frac{2\varepsilon}{1 - \varepsilon^2}, \qquad \mathcal{J}_2 = 0 \qquad \text{avec } \varepsilon = \frac{|\vec{k}|}{\Delta} = \frac{|\vec{k}|}{k + \frac{2\pi}{h}\mu_0 c}.$$

Comme dans le cas électronique, on a $S_4 \sim S_z$ quand $(2\pi/h)\mu_0 c$ est négligeable devant k, c'est-à-dire $\mu_0 c^2$ devant W.

CHALEUR. — *La loi de la convection naturelle. Les divers régimes de convection.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avions cru reconnaître que le phénomène de convection naturelle (l'expérience étant corrigée du rayonnement proprement dit) ne tendait pas vers la conduction pure lorsque la différence de température θ commandant le flux de chaleur tendait vers zéro, et nous avions émis l'hypothèse que cette discontinuité serait corrélative de l'existence d'un infra-régime de convection.

Un examen plus approfondi des faits nous a conduit à nier la discontinuité, sans supprimer pour autant l'infra-régime.

Nous avons en effet rectifié la mesure des toutes petites différences θ, corrigé le calcul des flux de chaleur [résultant parfois d'une dérivation, laquelle a été conduite selon la nouvelle procédure créée [2]] et amélioré l'extrapolation vers la différence de température nulle [la variable naturelle, pour conduire l'extrapolation vers $\theta = 0$, étant $\theta^{1/6}$ comme nous l'avons indiqué [3], et non la variable classique $\theta^{1/4}$ d'abord utilisée].

(1) Séance du 20 novembre 1944.
(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 579.
(3) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 976.

La continuité apparente entre convection et conduction a d'abord résulté des expériences de M. Charles Bory ([4]), ([5]) sur des fils fins de platine (évaluation plus correcte des températures), puis de l'étude d'un petit four ellipsoïdal en argent (extrapolation mieux faite), enfin de l'étude des échanges de chaleur entre cylindres concentriques de duralumin (flux de chaleur mieux calculé).

Dans les trois cas le rayonnement était assez bien connu; il était faible dans le 3e cas et surtout dans le 2e.

Défalcation faite des effets du rayonnement, le coefficient de convection se présente, en fonction de la variable $\theta^{1/6} = \delta$, comme une expression linéaire, ayant pour ordonnée à l'origine la conduction pure *a priori* calculable, et compliquée d'un terme en δ^7, dont l'influence se fait sentir plus ou moins tôt ([5]).

L'écoulement d'un fluide peut se faire, dit-on, selon trois régimes : aux très petits nombres de Reynolds, joue la loi de Poiseuille, la résistance étant proportionnelle à la vitesse; aux nombres plus grands, c'est le régime qu'on peut dire aéronautique, caractérisé par la persistance des lignes de courant, avec une loi de résistance voisine du carré de la vitesse; ensuite c'est le régime turbulent (qui peut être multiple), caractérisé par la dislocation de toute ligne de courant et une résistance proportionnelle au carré de la vitesse (l'écoulement dans les tubes ne connaît que le 1er et le 3e de ces régimes).

Dans la convection naturelle, la vitesse, due à l'échauffement du corps chaud, est proportionnelle à sa racine carrée et, la force aérodynamique étant proportionnelle à cet échauffement, la convection connue appartiendrait au 2e régime, et, pour les *nombres de Reynolds* très grands, réalisés par exemple avec les corps chauds de grande dimension, au 3e régime. L'infra-régime que nous soupçonnions correspondrait à un écoulement suivant la loi de Poiseuille.

Or il faut noter qu'en réalité les 1er et 2e régimes n'en font qu'un, défini par les équations de la mécanique des fluides visqueux avec lignes de courant effectives. La seule distinction à faire, c'est que le 2e régime est un régime visqueux non parfaitement établi, ce qui fait intervenir une variable de plus, et donne aux lois une allure très compliquée, en même temps qu'une fonction du type exponentiel à allure rapide fait quitter très brusquement la loi de Poiseuille, d'où l'apparence du régime aéronautique distinct du régime de Poiseuille.

L'infra-régime de convection ne serait donc pas un régime distinct. Il ne pourrait se marquer que par un changement d'allure de la courbe du coefficient de convection en fonction de δ. Est-ce compatible avec l'expérience?

Nous avons montré ([3]) (généralisant un calcul de M. Ribaud) que, l'écoulement étant toujours au moins partiellement organisé *en amont* de l'obstacle, le coefficient de convection était, en 1re approximation, fonction linéaire de la

---

([4]) Ch. Bory, *Public. Scient. et Techn. du Minist. de l'Air;* série Grise, n° **189**.

([5]) Ch. Bory et P. Vernotte, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 146.

racine cubique de la vitesse maximum U; et, dans le cas normal, la vitesse du courant fluide léchant le corps chaud étant proportionnelle à la racine carrée de l'échauffement θ, le coefficient de convection naturelle serait fonction linéaire de $\theta^{1/6}$, et c'est ainsi que s'introduit δ. Aux valeurs ordinaires de θ, on peut établir une relation $\theta = BU^2$ qui tient compte de la force vive de l'écoulement et de la résistance visqueuse. Aux valeurs extrêmement faibles de θ, on aurait une relation $\theta = AU$, le calcul de A pouvant être assez facilement amorcé (la distribution de la température autour du corps chaud est toute différente suivant que le milieu ambiant est fluide ou solide; autour d'un corps limité dans toutes ses dimensions, θ décroît en gros suivant l'inverse du cube de la distance dans un fluide, et l'inverse de la distance dans un solide). On obtient, pour θ quelconque, une schématisation suffisante en écrivant $\theta = AU + BU^2$.

Or, U étant proportionnel, en 1re approximation, au cube de l'excédent h du coefficient de convection sur l'effet de conduction pure, cette formule s'écrit

$$A'h^3 + B'h^6 = \delta^6.$$

La courbe $h(\delta)$ part de l'origine avec tangente horizontale, présente un point d'inflexion, et tend vers une asymptote inclinée, correspondant pratiquement à la convection naturelle ordinaire, *laquelle asymptote passe par l'origine*.

Plus précisément, hors de cette approximation, la courbe présente non une asymptote, mais une 2e inflexion, qui est le début pratique de l'arc expérimental, la courbe se relevant ensuite fortement. Cette tangente d'inflexion *passe par l'origine*. Autrement dit, on démontre ainsi que la courbe du coefficient de *convection naturelle*, telle qu'on peut la tracer, *tend* bien vers la *conduction pure*, l'infra-régime ne se manifestant que par un point d'inflexion très près de l'origine.

L'écart de température θ en ce point caractéristique, difficilement accessible à cause de sa petitesse, est inversement proportionnel au cube du rapport de similitude dans le cas d'un corps chaud quelconque, et à la 1re puissance du diamètre dans le cas d'un fil horizontal.

Les points anormalement aberrants dans la courbe expérimentale $h(\delta)$ seraient à rattacher non à des passages accidentels de l'infra-régime au régime normal, mais à la possibilité, signalée par M. Camichel, et trouvée en convection ([3]) par M. Bory, de plusieurs modes géométriques d'écoulement.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur un cas de diffraction apériodique. Application.* Note de M. **André Couder**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue d'étudier un astre de faible éclat au voisinage d'un astre brillant, il peut être avantageux de modifier la répartition de l'énergie diffractée de telle sorte que l'éclairement du champ se trouve réduit dans une région située à une distance de l'image géométrique égale, par exemple, à 10 ou 20 fois la limite

de résolution de l'objectif utilisé. On emploie d'ordinaire pour cela des diaphragmes de contours polygonaux. J'ai cherché à atteindre le même résultat en conservant la pleine ouverture circulaire de l'objectif, mais en interposant un filtre absorbant, qui modifie localement la valeur du facteur de transmission, sans introduire d'ailleurs aucune différence de phase.

1. Les anneaux d'ordre élevé ne sont observables qu'en lumière étroitement monochromatique; ils ne peuvent pas l'être dans les conditions normales de l'observation astronomique, visuelle ou photographique. La valeur asymptotique de l'éclairement E du champ est donc donnée en réalité par l'expression monotone

$$E = \frac{1}{2}\frac{8}{\pi n^3}, \qquad \text{en posant } n = \frac{\pi D x}{\lambda f},$$

où D est le diamètre de l'objectif de centre O, f sa longueur focale, $x = \mathrm{FM}$ la distance linéaire du point considéré du champ, M, à l'image géométrique F, enfin λ, une valeur moyenne de la longueur d'onde caractérisant le domaine spectral utile.

Il est aisé d'observer quelles régions de l'objectif contribuent effectivement à éclairer le point M. Il suffit, en employant une source ponctuelle intense, de recevoir, sur la pupille de l'œil, le flux qui éclaire une petite aire entourant M. Comme la théorie le fait prévoir, l'objectif tout entier paraît obscur, à l'exception de deux courts arcs de son contour qui ont chacun pour milieu une extrémité du diamètre de l'ouverture situé dans le plan OFM. Quand x croît, ces arcs deviennent de moins en moins brillants, de plus en plus courts.

2. J'ai employé un filtre ainsi constitué. Sur une lame de verre plane, posons une lentille légèrement convexe; emplissons l'intervalle d'un liquide absorbant; nous réalisons un filtre dont le facteur de transmission $\tau(\xi)$, à la distance ξ du point de contact o, a pour valeur $\tau(\xi) = 10^{-\kappa\xi^2}$. Pour plus de commodité, j'ai employé un liquide formant par refroidissement une masse gélatineuse stable; j'ai donné à la surface externe de la lentille une faible courbure concave, telle que la puissance du filtre soit nulle. Le filtre est placé dans le faisceau de telle sorte que oF soit perpendiculaire en son centre o. Appelons y la distance oF réglable; l'aire du filtre qui est éclairée a pour rayon $\Xi = \mathrm{D}y : 2f$. Nous supposons que $x(f - y) : f$ est négligeable comparé à Ξ.

3. Voici les résultats observés. Plaçons comme ci-dessus la pupille de l'œil en M. La surface de l'objectif ne devrait plus être entièrement obscure; cependant l'œil la juge encore telle et voit seulement les arcs lumineux du contour, dont l'intensité est évidemment réduite à la valeur de la transmission marginale du filtre. En conséquence, la partie principale de l'éclairement en M est maintenant $\mathrm{E}.\tau(\Xi)$. Examinons l'image avec un oculaire. A mesure que y croît, et que par conséquent la transmission marginale décroît, on voit la tache centrale de la figure de diffraction grossir, tandis que les premiers anneaux qui l'entourent perdent leur contraste et les plus lointains leur éclat. Tous

disparaissent complètement et l'on ne perçoit plus qu'une tache régulièrement dégradée lorsque la transmission marginale est de l'ordre de 1:10. A ce moment, le diamètre efficace de la tache, comparé à ce qu'il serait en l'absence d'absorption, est environ 1,7.

Remarque. — Cette observation exige quelques précautions. En effet, pour que la figure de diffraction soit aisément observable, le diamètre du faisceau admis par l'œil doit être inférieur à $0^{mm},5$; inévitablement on a une vision sténopéique des défauts d'homogénéité des milieux de l'œil, qui se traduisent par l'apparition de franges circulaires; de même pour les menus défauts de polissage des verres de l'oculaire. Le caractère adventice de ces franges se manifeste lorsqu'on déplace l'image dans le champ et qu'on remue légèrement la tête. Enfin, pour bien juger l'assombrissement du champ, il faut employer un objectif d'un poli excellent et éliminer la lumière diffusée par les milieux de l'œil en occultant l'image.

4. Outre l'application envisagée ci-dessus, l'usage du filtre à transmission variable que j'ai décrit m'a encore paru très profitable pour masquer l'imperfection d'un objectif affecté à un degré notable d'aberration de sphéricité : l'auréole qui entoure, dans ce cas, l'image formée au foyer des rayons paraxiaux est pratiquement supprimée, alors que la tache centrale est à peine modifiée. Il n'est pas douteux qu'un fitre de même construction, mais doué d'une transmission sélective convenablement choisie, atténuera de même les effets du spectre secondaire, si importants dans les grands instruments.

Pour les applications, le filtre utilisé en permanence doit être placé dans un plan conjugué de l'objectif par rapport à un système collecteur : ainsi son emploi est compatible avec l'usage d'un champ étendu.

COLLOÏDES. — *Essai d'interprétation des phénomènes de gonflement et de coacervation.* Note de M. **Dikran G. Dervichian**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'acide oléique et l'eau sont insolubles l'un dans l'autre. Si l'on met un savon acide (mélange d'acide oléique et d'oléate de K par exemple) au contact de l'eau, on obtient deux phases liquides en équilibre dont l'une est très riche en savon acide [60 à 70 % dans le cas du caprylate acide de Na [1]], alors que l'autre n'en contient pratiquement pas : le savon acide gonfle mais ne se dissout pas. Enfin avec les savons neutres coexistent, pour certaines proportions d'eau, d'une part une solution optiquement anisotrope contenant par exemple environ 20 % de savon, et d'autre part une solution isotrope contenant 18 % de savon. La première de ces phases peut être considérée comme du savon gonflé par l'eau, la seconde comme une solution de savon dans l'eau. Ici la zone des

---

(1) P. Ekwal, *Koll. Zeits.*, 97, 1941, p. 71.

proportions donnant lieu à la démixtion est très étroite, n'étant comprise qu'entre 18 et 20 %. Le cas de l'oléate acide apparaît ainsi comme un moyen terme entre les cas extrêmes que représentent l'acide oléique et le savon neutre.

La même gradation peut s'observer, non plus en réalisant des mélanges, mais en modifiant la structure de la molécule et y faisant apparaître un nombre plus ou moins grand de groupes fonctionnels solubles ou insolubles. Les triglycérides sont rigoureusement insolubles dans l'eau, alors que la lysocithine y est très soluble. Or la molécule de la lysocithine dérive de celle d'un triglycéride par perte de deux chaînes hydrocarbonées à caractère insoluble et l'acquisition d'une fonction amino-alcool phosphorylée en plus de la fonction alcool libre de la glycérine, toutes deux solubilisantes. La lécithine se place entre ces deux cas extrêmes avec ses deux chaînes d'acides gras insolubles contre-balançant l'hydrophilie du groupe choline phosphorylée. Aussi la lécithine donne-t-elle, en équilibre, une phase anisotrope gonflée et une solution isotrope diluée ([2]). Enfin, dans la myéline des tissus nerveux, la présence du cholestérol, rigoureusement insoluble, à côté des phospholipides, supprime complètement la phase représentant la dissolution dans l'eau.

Cette gradation nous amène à la même conclusion que Bungenberg de Jong ([3]) au sujet de la coacervation : ce phénomène correspondrait à un stade précédent la floculation. Encore plus suggestive est la remarque faite par Dobry ([4]), lorsqu'elle rattache la coacervation à un caractère intermédiaire entre la solubilité et l'insolubilité. Le but de la présente Note est de préciser les conditions de formation de cette démixtion particulière qu'est la coacervation, de même que celles du phénomène de gonflement, en les faisant rentrer dans le même cadre général.

En se rapportant aux déterminations de Stauf, faites par la diffraction des rayons X, il apparaît que le nombre de couches d'eau, intercalées entre les feuillets du savon dans la phase anisotrope en équilibre avec la solution isotrope, ne dépasse pas 4. C'est aussi à 4 couches d'eau que se limite le gonflement des argiles. Or il s'agit, dans ces deux cas, de micelles planes. Si l'on s'adresse au mélange de gomme arabique et de gélatine ([3]), on constate que la concentration de la phase coacervée est de l'ordre de 13 %. En admettant qu'il s'agisse là de particules filiformes d'une épaisseur moyenne de 6 Å (moyenne entre l'épaisseur et la largeur d'une chaîne polypeptidique ou d'une chaîne glucidique), un calcul élémentaire conduit encore à une épaisseur d'eau, séparant les filaments parallèles, qui n'est pas supérieure à 4 couches.

On admet que, dans le cas des argiles, l'eau de gonflement adopte une structure hexagonale, compatible avec celle de la micelle. Il en est de même

([2]) G. Friedel, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 330.
([3]) *La Coacervation*, Paris, 1936.
([4]) *J. Chimie phys.*, 35, 1938, p. 391 ; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 22, 1940, p. 75.

avec les savons au-dessus du point de Krafft, lorsque les chaînes d'acides gras sont arrangées en symétrie hexagonale. Au-dessous de cette température, l'arrangement des chaînes relève du système orthorhombique; le savon devient anhydre, car la structure de l'eau ne s'y adapte plus. Mais la structure hexagonale de l'eau est instable à la température ou à la pression ordinaire; si elle s'établit à l'intérieur des feuillets de l'argile ou du savon, c'est qu'elle est imposée. Avec un nombre plus grand de couches d'eau, la contrainte ne se fait plus sentir, l'eau prend sa structure tétraédrique normale dont le nouvel arrangement se répercute de l'intérieur vers les faces polaires. Or, sous cette forme, l'adaptation entre les faces des micelles n'est plus possible, l'eau ne peut rentrer dans la structure du savon ou de l'argile et *la solution se retourne*, c'est la micelle qui rentre dans la structure de l'eau, si toutefois cela est possible. S'il n'y a pas solubilité, la seule phase possible reste celle du gonflement pur et simple.

D'une façon plus générale, le colloïde peut rentrer dans la structure de l'eau (dissolution) jusqu'à une certaine proportion, qui n'a aucune raison d'être égale à celle de la phase inverse (gonflement). La démixtion correspond ainsi à la zone des proportions intermédiaires. Dans la phase gonflée ou coacervée, l'épaisseur du liquide intercalé restant égale à 4 couches, la concentration dépend évidemment de la forme et des dimensions des micelles, ainsi que de la densité relative du solvant; on peut s'attendre dès lors à ce qu'elle puisse tomber aux 5 à 6 % observés avec la coacervation de l'acétyl-cellulose dans le chloroforme (4).

MÉTALLURGIE. — *Influence du grain d'un métal sur la vitesse de fluage.* Note (1) de M. **Charles Crussard**, présentée par M. Albert Portevin.

La déformation visqueuse d'une éprouvette polycristalline de métal dépend non seulement des propriétés mécaniques des grains, mais aussi de celles des joints. En particulier, dans les expériences de fluage sous charge constante, on sait que, si la température est suffisante, la vitesse d'allongement commence par décroître pour atteindre ensuite une valeur minimum, correspondant à une inflexion, plus ou moins longue, de la courbe de fluage; cette *vitesse stationnaire* varie avec la dimension des grains des éprouvettes, toutes choses égales d'ailleurs. Rosenhain (2) et de nombreux auteurs (3) ont montré qu'aux basses températures le joint est plus résistant que le grain; les éprouvettes à gros grains flueront donc plus vite que celles à grain fin. A haute température, c'est l'inverse qui se produit. Entre les deux doit donc exister une température de transition, caractérisée par une égale résistance mécanique des grains et des joints, et que l'on appelle *température d'équicohésion*.

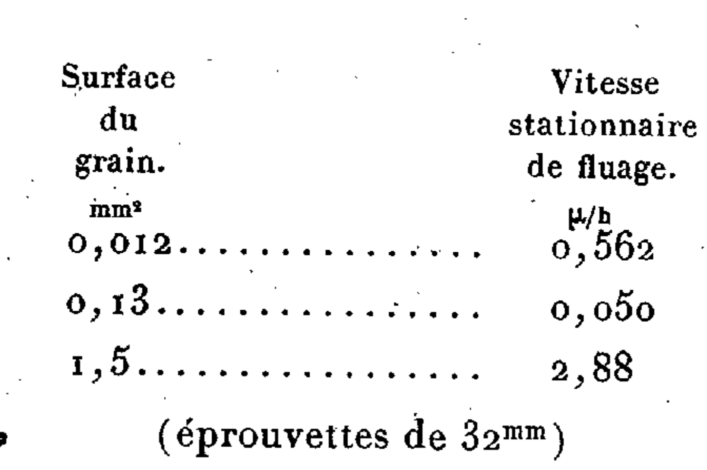
(1) Séance du 4 décembre 1944.
(2) *J. Inst. Met.*, 2, 1912, p. 149; 2, 1913, p. 119.
(3) Notamment White et Clark, *Trans. American Society for Metals*, 25, 1937, p. 863; W. Siegfried, *Annales Suisses*, 9, 1943, p. 1.

On admet aujourd'hui, couramment, que ces idées sont confirmées par l'expérience. Mais, contre cette assertion, il convient de relever certains essais ([4]), où des éprouvettes à gros grain, portées à des températures certainement supérieures à celles d'équicohésion pour le métal considéré, se trouvent fluer aussi vite ou plus vite que d'autres à grain fin. Il y a donc là une contradiction apparente à lever. Or il est à remarquer que, pour étudier la variation de la vitesse de fluage en fonction de la grosseur du grain, les auteurs n'utilisent que deux valeurs de cette grosseur. Aussi m'a-t-il paru utile d'en augmenter le nombre et, dans les mêmes conditions de charge et de température, d'étudier divers cas de grosseur.

A cet effet j'ai utilisé deux séries d'éprouvettes, d'aluminium et de zinc extra purs; les diverses grosseurs de grains, allant jusqu'au cristal unique, étaient obtenues par recristallisation après des écrouissages plus ou moins forts.

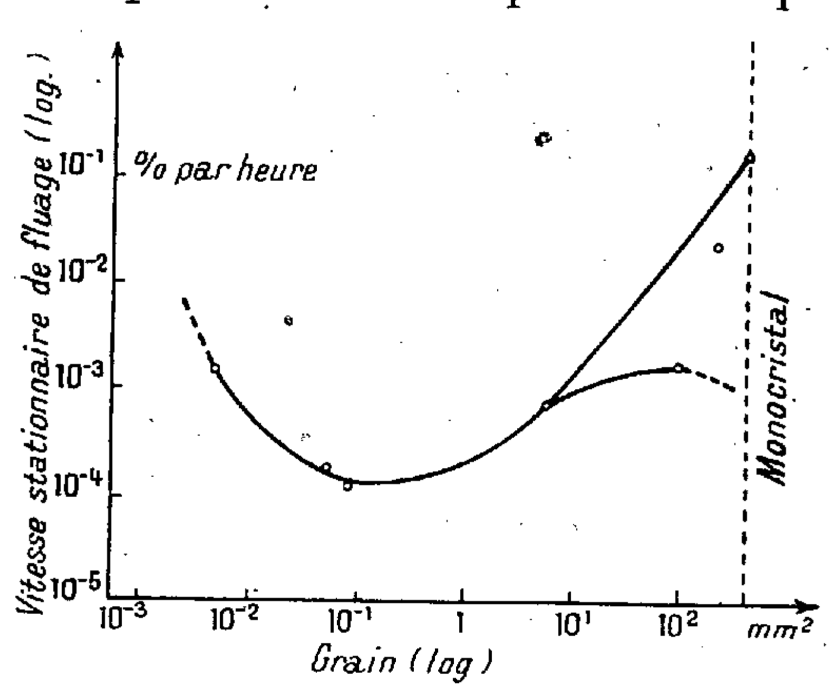
Il fallait avant tout définir la température d'équicohésion des métaux employés. J'ai pour cela combiné les mesures classiques de vitesses stationnaires de fluage avec d'autres observations ([5]), telles que la forme des courbes ([6]), l'aspect des diagrammes de rayons X, ou la nature des ruptures (transcristalline ou intergranulaire). En outre, pour l'aluminium, j'ai aussi regardé, sur surfaces polies électrolytiquement, si la déformation se produisait surtout par glissements cristallins, ou par mouvements relatifs des grains mettant les joints en relief. J'ai trouvé ainsi que la température d'équicohésion était voisine de 170° pour l'aluminium employé, et de l'ambiante pour le zinc.

Pour les expériences de fluage proprement dites, j'ai enregistré deux séries de courbes à des températures nettement supérieures à la température d'équi-



Surface du grain.	Vitesse stationnaire de fluage.
mm²	μ/h
0,012	0,562
0,13	0,050
1,5	2,88

(éprouvettes de 32^{mm})



cohésion : soit 95° pour le zinc (sous 500 g/mm²) et 200° pour l'aluminium (sous 278 g/mm²). Le tableau résume les résultats pour Zn, et la figure pour Al.

([4]) GREENWOOD, *J. Inst. Met.*, **1**, 1939, p. 135; HANFFSTENGEL et HANEMANN, *Z. Metallk.*, 1938, **30**, p. 41, BETTY, *Proc. American Society for Testing Materials*, **2**, 1932, p. 193.

([5]) *Rev. Mét.*, **41**, 1944, p. 45.

([6]) La partie arrondie et ralentie qui précède la vitesse stationnaire est très courte au-dessus de la température d'équicohésion. Avec un peu d'habitude, on peut ainsi déterminer rapidement cette dernière.

Sur la figure on constate, pour les éprouvettes monocristallines, une grande dispersion qui disparaît pour les polycristaux par une compensation statistique.

Ces expériences prouvent que, contrairement aux assertions classiques, la vitesse stationnaire de fluage au-dessus de la température d'équicohésion ne décroît pas régulièrement quand le grain croît, mais passe par un minimum. La contradiction que nous avions signalée n'est donc qu'apparente : les expériences classiques portent sur des grains fins tels qu'on en rencontre en général dans l'industrie, et correspondent à des points situés sur la branche de gauche de la courbe ci-dessus; les autres, qui semblaient les contredire ([4]), sur celle de droite.

Ce minimum s'explique aisément par les actions opposées de deux effets dus aux joints : d'une part ceux-ci gênent les glissements plastiques des cristaux; d'autre part ils constituent une zone de transition, à structure d'autant plus perturbée que le métal est plus déformé; cette zone est le siège, non plus de glissements cristallins, mais d'un fluage quasi amorphe, qui peut être très rapide à haute température.

Cette manière de concevoir le rôle des joints laisse prévoir que la température d'équicohésion est, non plus constante, comme on l'admet généralement, mais variable avec les conditions expérimentales (croissante avec la charge de fluage ou la vitesse de traction). C'est ce que j'ai vérifié : pour une éprouvette d'aluminium étirée rapidement à 200° (3 % en quelques secondes), l'examen du relief des joints prouve qu'on est en dessous de la température d'équicohésion, alors que nous avions trouvé 170° pour des vitesses de l'ordre de 10^{-3} % par heure; dans le cas du zinc, cette température est en dessous de l'ambiante pour le fluage sous faible charge, et au-dessus pour les fortes charges. Mais, pour la changer de quelques dizaines de degrés, il faut une variation considérable de la vitesse de déformation.

Signalons enfin que l'existence d'un minimum de la vitesse de fluage, quand le grain varie, peut avoir une importance pratique dans certaines réalisations industrielles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques dérivés mixtes de l'acide mésodihydroanthracènedicarboxylique* cis. Note ([1]) de M. **Jean Mathieu**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'anhydride de l'acide mésodihydroanthracènedicarboxylique, décrit anté-

C=O
H
O,
H
C=O

([1]) Séance du 6 novembre 1944.

rieurement ([2]), ouvre une voie d'accès facile à toute une série de dérivés et en particulier à des dérivés mixtes, c'est-à-dire à des composés où les fonctions issues des deux carboxyles ne sont pas identiques.

Il est assez difficile, en effet, de faire réagir de manières inégales les deux carboxyles d'un diacide, à moins que n'intervienne une inégalité de leurs aptitudes aux réactions, soit par des différences entre leurs positions, comme dans les acides camphoriques, soit par modification de la réactivité du second carboxyle quand le premier a réagi, comme dans l'acide oxalique. Dans le cas général, si l'on tente deux monoréactions d'un diacide symétrique, on obtient, avec l'acide inaltéré, le mono- et le di-dérivé, mélange souvent peu avantageux, sinon même inutilisable, pour la préparation du monodérivé. En fait les fonctions mixtes de diacides sont assez rarement décrites. Au contraire la monoréaction va de soi avec l'anhydride, puisque, en principe, l'action des réactifs laisse libre l'un des carboxyles.

Nous donnons à titre d'exemple quelques dérivés mixtes obtenus à partir de notre anhydride. En faisant réagir un alcool on obtient l'ester acide, que l'on peut transformer en ester chlorure d'acide, puis en ester amide, ou en diesters inégaux, dont nous avons deux spécimens : méthylique-éthylique et méthylique-phénylique. Avec l'ammoniac, nous avons obtenu l'acide amide. Les substances suivantes ont été préparées et analysées :

	F.	
Ester méthylique acide...........	178°	$CH^3O.CO(C^{14}H^{10})CO^2H = C^{17}H^{14}O^4$
» » chlorure d'acide..	106	$CH^3O.CO(C^{14}H^{10})COCl = C^{17}H^{13}O^3Cl$
» » amide..........	164	$CH^3O.CO(C^{14}H^{10})CO.NH^2 = C^{17}H^{15}O^3N$
» éthylique acide............	141	$C^2H^5O.CO(C^{14}H^{10})CO^2H = C^{18}H^{16}O^4$
» » chlorure d'acide...	99	$C^2H^5O.CO(C^{14}H^{10})COCl = C^{18}H^{15}O^3Cl$
» » amide............	145	$C^2H^5O.CO(C^{14}H^{10})CO.NH^2 = C^{18}H^{17}O^3N$
Acide amide.....................	296	$HO.CO(C^{14}H^{10})CO.NH^2 = C^{16}H^{13}O^3N$
Diester méthylique et éthylique...	86	$CH^3O.CO(C^{14}H^{10})CO.OC^2H^5 = C^{19}H^{18}O^4$
» » phénylique..	135	$CH^3O.CO(C^{14}H^{10})CO.OC^6H^5 = C^{23}H^{18}O^4$

Nous avons vérifié que nos diesters mixtes n'étaient pas des mélanges des deux esters symétriques. Le point de fusion, pris au bain d'acide, du mélange des diesters symétriques *cis*, diéthylique et diméthylique, varie de 70 à 140° environ, alors que l'ester mixte fond à 86-87°; celui du mélange des diesters symétriques *cis*, diphénylique et diméthylique, varie de 120 à 140°, alors que l'ester mixte fond à 135-136°.

Nous nous sommes également assuré que l'estérification de l'anhydride et sa transformation ultérieure en ester chlorure d'acide ne provoquaient aucune isomérisation. A cette fin on a transformé le chlorure-ester méthylique en

([2]) J. MATHIEU, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 620.

ester diméthylique; le corps ainsi préparé s'est montré identique à l'ester obtenu par estérification directe de l'acide *cis*. Tous les dérivés décrits ci-dessus appartiennent donc, comme l'anhydride lui-même, à la série *cis*.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'origine de quelques anomalies présentées par les courbes thermiques de certaines montmorillonites.* Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**.

La courbe thermique différentielle d'une montmorillonite typique (¹) est caractérisée par trois crochets endothermiques : le premier, placé vers 110°, accompagne le départ de l'eau ayant un caractère zéolitique; le second, vers 650°, correspond au départ de l'eau de constitution et le troisième, à 850°, traduit l'amorphisation du produit déshydraté avant sa recristallisation (²). En général les deux derniers crochets sont également développés; or certaines courbes de montmorillonites algériennes font ressortir une inégalité très nette de ces deux inflexions. Ainsi, tandis que les courbes des échantillons de Camp-Bertaux et de Marnia montrent un second crochet très développé, celles des argiles de Biskra et de Géryville présentent un troisième crochet très accentué. Ayant constaté précédemment l'influence des bases échangeables sur les courbes thermiques du kaolin (³) et de la faratsihite (³), nous avons pensé que ces anomalies avaient une même origine.

D'autre part des auteurs américains (⁴) ont déjà signalé l'influence de certains cations sur la courbe thermique de la montmorillonite, en se limitant toutefois à l'étude du premier crochet.

En opérant sur des échantillons de montmorillonites, de divers gisements américains (Branchville, U. S. A.) et algériens, cités précédemment, nous avons étudié l'influence des cations suivants : H, Na, Mg, Ca, Ba, Al^{+++}, Fe^{+++}. Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous. (La comparaison a été effectuée en prenant comme type, pour chaque échantillon, la courbe fournie par l'argile naturelle; d'autre part les produits traités avant d'être soumis à l'étude thermique ont été préalablement séchés à 100°.)

Ion fixé.	Action sur le 1er crochet.	2e crochet.	3e crochet.
H.....	faible	faible	faible augmentation
Na.....	diminution faible	accroissement net	diminution jusqu'à annulation
Mg.....	faible	faible	augmentation faible
Ca.....	faible	faible	augmentation faible
Ba.....	faible	faible	augmentation faible
Al.....	diminution nette	accroissement faible	augmentation nette
Fe.....	faible	augmentation	diminution

(¹) J. Orcel et S. Caillère, *Comptes rendus*, 197, 1943, p. 628.

(²) H. Longchambon, *Recueil des communications du Congrès Tech. Industriel de Céramique*, Paris, 1938, pp. 75-133.

(³) S. Caillère et S. Hénin, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 684; 219, 1944, p. 458.

(⁴) L. B. Hendricks, R. A. Nelson et L. T. Alexandre, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, pp. 1453-1457.

Dans le but de généraliser ces observations on a préparé une montmorillonite Na en saturant l'échantillon de Branchville par une solution de chlorure de sodium à 5 %. Une fraction de cette argile a donné la courbe du type indiqué précédemment : grand crochet à 650°, inflexion faible à 850°. Le reste a été divisé en trois parties. Sur les deux premières il a été fixé respectivement des ions H et Ca. Chacune de ces argiles a fourni une courbe ayant les caractéristiques signalées dans le tableau.

La troisième partie, traitée par une solution de carbonate de soude à 5 %, a permis d'obtenir une courbe dans laquelle le second crochet est bien marqué et le troisième très affaibli.

Il y a lieu de remarquer, d'autre part, que diverses courbes et particulièrement celles fournies par les argiles Al présentent, succédant à l'inflexion endothermique à 850°, un léger phénomène exothermique, qui traduit peut-être la recristallisation signalée par H. Longchambon ([2]).

Il se dégage de ces observations que les deux premiers crochets, qui correspondent à des départs d'eau, sont influencés d'une manière assez analogue. Par contre le troisième et le quatrième crochet varient en sens inverse des deux premiers. Cependant l'ion Al diminue le premier et accentue les trois derniers, et l'ion Na augmente le deuxième et affaiblit les trois autres.

En résumé, en saturant de bases des montmorillonites nous avons pu préparer artificiellement des échantillons donnant des courbes ayant les singularités observées avec certaines argiles naturelles. Il est donc possible d'interpréter ces anomalies comme étant la conséquence de la fixation, par les montmorillonites, de divers cations sous l'influence des conditions de gisement.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la chaîne de Markoff constituée par la succession des jours avec et sans pluie.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous dirons qu'un jour est sec si la hauteur de pluie observée est nulle, humide dans le cas contraire. Le problème que j'étudie ici est le suivant : la probabilité pour que le jour t soit s ou h dépend-t-elle du fait que les jours $t-1$, $t-2, \ldots, t-p$ ont été s ou h ? p sera l'ordre de la chaîne s'il en est ainsi et si le jour $t-p-1$ n'intervient pas.

Pour étudier cette question, j'ai utilisé diverses méthodes :

Désignons par P_{ns} la probabilité pour qu'un jour pris au hasard soit le début d'une série de n jours s consécutifs. Les points $(n, \log p_{ns})$ doivent se placer sur une ligne droite pour $n \geqq p-1$ les autres pouvant être hors de cette droite. On a un résultat analogue pour les séries de jours humides.

L'application de cette méthode aux observations faites de 1878 à 1939 à Clermont-Ferrand et au Parc Saint-Maur montre que la chaîne étudiée est d'ordre très élevé (au moins 7). Une chaîne simple représente assez bien l'observation

pour $n \leq 14$, mais la probabilité des longues séries de jours s ou h est plus élevée que si la chaîne était simple.

Une autre méthode consiste à calculer les probabilités p_s, p_{sh}, p_{hh}, ... ainsi définies :

p_s, probabilité pour que le jour t soit s si l'on n'a pas d'information sur le jour $t-1$.

p_{hs}, probabilité pour que t soit si l'on sait que $t-1$ a été h.

p_{shs}, probabilité pour que t soit s si l'on sait que $t-1$ a été h et que $t-2$ a été s.

Citons seulement les résultats pour Clermont-Ferrand et pour l'été :

$$p_s = 9,619,$$

	$p_{ss} = 0,717,$	$p_{hs} = 0,459,$	
$p_{sss} = 0,731,$	$p_{hss} = 0,682,$	$p_{shs} = 0,426,$	$p_{hhs} = 0,488,$
$p_{ssss} = 0,738,$	$p_{hsss} = 0,714,$	$p_{shss} = 0,707,$	$p_{hhss} = 0,657,$
$p_{sshs} = 0,454,$	$p_{hshs} = 0,403,$	$p_{shhs} = 0,492,$	$p_{hhhs} = 0,486.$

La chaîne étudiée est au moins triple; on obtient le même résultat pour toutes les saisons et aussi pour les précipitations au Parc Saint-Maur.

Enfin, si l'on pose

$$q = P_{1s} + P_{2s} + P_{3s} + \ldots,$$

le coefficient de corrélation entre les jours t et $t-1$ est

$$r_1 = 1 - \frac{q}{p_s(1-p_s)}.$$

Citons les résultats pour Clermont-Ferrand :

	Printemps.	Été.	Automne.	Hiver.
r_1........	$+0,316 \mp 0,009$	$+0,258 \mp 0,011$	$+0,300 \mp 0,009$	$+0,294 \mp 0,009$

Le coefficient de corrélation partiel entre le jour t et le jour $t-2$, lorsque $t-1$ est connu, est

$$r_2 = \frac{p_s(1-p_s)(P_{1s} + P_{2s}) - q^2}{q[2p_s(1-p_s) - q]}.$$

On trouve pour r_2 des valeurs positives dont la moyenne est $+0,029$.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la tige et les frondes de* Sphenopteris striata *Gothan*. Note [1] de M. **René Scriban**, présentée par M. Charles Jacob.

Le *Sphenopteris striata* Gothan [2] (*Sph. obtusiloba* Zeiller non Brongn.) est une espèce commune dans le Bassin houiller du Nord de la France. Sa détermination est facile, grâce aux stries fibreuses qui souvent couvrent les feuilles et aux caractères très nets des pinnules et des pennes de divers ordres.

---

(1) Séance du 13 décembre 1944.

(2) *Oberschl. Flora*, 1, 1924, p. 24, *Taf. V, fig.* 2, 2*a*; *Taf. VI, fig.* 3, 3*a*.

Cependant une imprécision subsistait en ce qui concerne l'édification générale de la fronde, et surtout on n'en connaissait pas jusqu'à présent les tiges.

La révision des échantillons déposés dans les collections du Musée houiller de Lille, ou appartenant au Laboratoire de Paléobotanique de Lille, et parmi lesquels il faut citer un lot important de grands exemplaires récoltés, en 1939-1940, par P. Corsin à Aniche et à Dourges, me permet aujourd'hui de combler cette lacune, en donnant les caractéristiques des tiges et quelques remarques complémentaires sur les frondes.

I. *Cycle phyllotaxique.* — Beaucoup d'axes, regardés jusqu'à présent comme de gros rachis, sont en réalité des tiges. Cette découverte est basée sur quinze segments d'axes, portant des pétioles dont les points d'attache sont placés dans des plans différents. La distance verticale séparant les points d'attache de deux rachis consécutifs est le plus souvent de 6 à 7^{cm}.

Le cycle phyllotaxique a pu être déterminé grâce à un échantillon de grande taille, montrant cinq pétioles disposés en hélice autour de la tige qui mesure 32^{cm} de longueur. Ce cycle est sénestre et de 2/5 comme celui de *Sphenopteris hœninghausi* Brongn.

II. *Caractères des tiges.* — Les tiges sont dressées et certaines ont jusqu'à 3^{cm} de largeur. Elles présentent des stries longitudinales serrées, correspondant aux zones fibreuses de l'écorce externe, et des cicatricules transversales correspondant à de fins piquants durs, en forme d'aiguillons de 1^{mm} de longueur. En outre elles portent cinq files longitudinales d'épines trapues, larges à la base de 3^{mm} environ, et coïncidant avec les cinq séries de rachis.

III. *Caractères des frondes.* — Les remarques suivantes découlent de l'examen de huit fragments de frondes, montrant des pétioles primaires bifurqués par dichotomie, comme celui décrit et figuré par Zeiller [3]. J'ai observé un pétiole ayant 25^{cm} de la bifurcation à l'extrémité détachée de la tige.

Les rachis de tous ordres présentent, comme les tiges, des stries longitudinales et des cicatricules transversales. En outre les rachis primaires, en dessous de la bifurcation, mais pas toujours jusqu'à elle, portent deux rangées de grosses épines analogues à celles qui se trouvent sur la tige; ces rangées sont diamétralement opposées et situées dans le plan de la fronde. Enfin les huit rachis primaires observés sont nus, c'est-à-dire ne portent pas de pennes, contrairement à ce qui a été remarqué par Zeiller; mais la présence de pennes primaires sur les pétioles, en dessous de la bifurcation, est sans doute liée à la position de la fronde sur la tige.

Ainsi, par leur ornementation, tiges et pétioles de *Sphenopteris striata* ont un aspect bien caractéristique. La connaissance de la tige, du cycle phyllotaxique de la plante et de la morphologie des frondes peut permettre désormais un essai de reconstitution de cette Ptéridospermée.

La séance est levée à $16^h 15^m$. L. B.

---

(3) *Flore fossile de Valenciennes*, p. 65, *Pl. IV, fig.* I, *Pl. V, fig.* 1 et 2.

FIN DU TOME DEUX-CENT-DIX-NEUVIÈME.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LES ANNÉES 1941, 1942, 1943, 1944.

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé leurs Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* (¹); les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffres, celles du supplément II, un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

EUROPE.

France.

ARGENTAN. — *Le Pays d'Argentan.*

ARRAS. — Académie des sciences, lettres et arts : *Mémoires,* M 553.

AUTUN. — Société Éduenne : *Mémoires,* S 488.

AUXERRE. — Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne : *Bulletin,* B 1558.

BAYONNE. — Société des sciences, lettres et arts : *Bulletin,* B 1553.

BESANÇON. — *Annales françaises de chronométrie,* A 1096ᴬ.

BORDEAUX. — Société linnéenne : *Extraits des procès-verbaux,* P 631ᴬ; *Procès-verbaux,* P 631ᴬ.

CLERMONT-FERRAND. — Société de physique biologique de France : *Comptes rendus des séances* (supplément aux *Archives de physique biologique*), A 2142.
— *Le document français.*

CLICHY. — Établissements Debray : *Assemblée générale des actionnaires.*

DAX. — Société de Borda : *Bulletin,* B 1418.

LE MANS. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin,* B 1735.

MARSEILLE. — École d'application du Service de santé des troupes coloniales : *Médecine tropicale.*

NANCY. — École nationale des eaux et forêts et Station de recherches et expériences forestières : *Annales,* A 854¹.

PARC-SAINT-MAUR. — Institut de physique du globe. Observatoire géophysique du Parc-Saint-Maur : *Bulletin séismique,* I 240ᴬ.

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* B 1861.

(¹) Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 2 suppléments (1929-1939), 23ᶜᵐ.

PARIS. — Académie de médecine : *Bulletin,* B 894.

— Académie des sciences : *Annuaire,* I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* C 758; *Mémoires,* H 69.

— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Communication.*

— Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale : *Bulletin,* A 2283.

— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires,* B 14[2].

— Banque de l'Algérie : *Compte rendu de l'exercice.*

— Banque franco-polonaise : *Assemblée générale ordinaire.*

— Bon marché (Au) : *Assemblées générales.*

— Bureau des Longitudes : *Annuaire,* A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs,* C 921; *Éphémérides nautiques ou extraits de la Connaissance des temps,* C 921.

— Bureau Veritas : *Bulletin technique,* B 2504.

— Centre national de la Recherche scientifique : *Bulletin analytique.*

— Id. Service de recherches d'astrophysique : *Annales d'astrophysique.*

— Chantiers navals français : *Assemblées générales.*

— Club alpin français : *Revue* (*La Montagne*), B 1919.

— Collège de France. Institut d'hydrologie et de climatologie : *Annales,* A 868[2].

— Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité : *Revue générale de l'Électricité,* L 183.

— Commission du répertoire de bibliographie scientifique : *Bibliographie scientifique française,* B 247.

— Compagnie d'assurances générales contre l'incendie et les explosions : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*

— Compagnie d'assurances générales sur la vie : *Comptes rendus à l'Assemblée générale des actionnaires.*

— Compagnie des Chemins de fer de l'Est : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire des actionnaires.*

— Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest : *Rapport du Conseil de liquidation et de la Commission de contrôle des comptes de l'Assemblée générale ordinaire et extraordinaire des actionnaires.*

— Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire; Rapport du Conseil d'administration.*

— Compagnie des Chemins de fer du Midi : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire des actionnaires; Rapport du Conseil d'administration,* R 71.

— Compagnie des minerais de fer magnétique de Mokta el Hadid : *Assemblée générale ordinaire.*

— Compagnie des Mines de houille de Marles : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*

— Compagnie des Mines d'Ostricourt : *Assemblée générale ordinaire.*

— Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la Commission de vérification des comptes,* R 57.

— Compagnie française pour la location de matériel de transports « Locamat » : *Assemblée générale ordinaire.*

— Compagnie générale de construction de locomotives (Batignolles-Châtillon) : *Assemblée générale des actionnaires.*

— Compagnie générale d'entreprises automobiles : *Rapports présentés à l'Assemblée générale ordinaire.*

PARIS. — Compagnie générale du gaz pour la France et l'étranger : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Comptoir national d'escompte de Paris : *Assemblée générale ordinaire. Rapport.*
— Confédération générale de l'Éducation : **Bulletin d'information et de liaison.**
— Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine : *Compte rendu des séances,* C 742.
— Construction civile (la) : *Assemblée générale extraordinaire.*
— Crédit foncier de France : *Compte rendu présenté au nom du Conseil d'administration.*
— Crédit Lyonnais : *Rapport du Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire.*
— École normale supérieure : *Annales scientifiques,* A 1120.
— Électricité et gaz du Nord : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Énergie électrique du littoral méditerranéen : *Assemblée générale ordinaire.*
— Énergie électrique du nord de la France : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Hutchinson : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Julien Damoy : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Établissements Kuhlmann : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire.*
— Fly Tox (le) : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Institut de physique du globe. Observatoire géophysique : *Voir* PARC-SAINT-MAUR.
— Institut d'Optique. — *Voir* SAINT-CYR-SUR-MER.
— Institut international d'anthropologie : *Revue anthropologique,* R 1462.
— Institut national agronomique : *Annales,* A 872.
— Institut océanographique : *Annales,* A 873; *Rapport pour l'année,* I 257[2].
— Institut Pasteur : *Annales,* A 874.
— La Brosse et J. Dupont réunis : *Assemblée générale ordinaire.*
— Ministère de la production industrielle et du travail. Service de la propriété industrielle : *Bulletin officiel de la propriété industrielle,* C 98.
— Ministère des colonies : *Annales de médecine et de pharmacie coloniales,* A 820.
— Missions étrangères de Paris : *Échos missionnaires d'Extrême-Orient.*
— Muséum national d'histoire naturelle : *Bulletin,* B 2017.
— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique,* B 854.
— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel,* B 1042.
— Phénix (le) : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Préfecture de la Seine. Direction de l'hygiène, du travail et de la prévoyance sociale : *Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris,* A 1062.
— Préfecture de police. Direction de l'hygiène, de la protection de l'enfance et du travail : *Rapport sur les opérations du service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine,* R 111 *bis.*
— Propaganda-Staffel : *La documentation hebdomadaire.*
— Révillon frères : *Assemblée générale ordinaire.*
— Secteur électrique de la Vallée de l'Oise : *Assemblée générale ordinaire.*
— Service hydrographique de la Marine : *Avis aux navigateurs : Liste des signaux distinctifs et indicatifs internationaux de Stations françaises; Section de documentation.*
— Services de la Carte géologique de la France : *Bulletin,* B 1863.
— Société anonyme de l'annuaire du commerce Didot Bottin : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des chantiers et ateliers de Saint-Nazaire : *Assemblée générale ordinaire.*

— Société anonyme des mines et fonderies de Pontgibaud : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des transports automobiles industriels et commerciaux : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société astronomique de France : *L'Astronomie,* A 2471.
— Société centrale d'aquiculture et de pêche : *Bulletin,* B 1193.
— Société chimique de France : *Bulletin* (*Documentation, Mémoires*), B 1180.
— Société de biologie : *Comptes rendus des séances,* C 675.
— Société de chimie industrielle : *Chimie et Industrie,* C 342.
— Société de chimie physique : *Journal de chimie physique,* J 368.
— Société de géographie : *Annales de géographie,* A 837; *La Géographie,* G 233.
— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Bulletin,* B 1296.
— Société de pathologie comparée et d'hygiène générale : *Revue de pathologie comparée,* R 1160.
— Société de pathologie exotique et de ses filiales : *Bulletin,* B 1488.
— Société de physique biologique de France : Voir CLERMONT-FERRAND.
— Société des agriculteurs de France : *Revue des agriculteurs de France,* B 1522.
— Société de secours aux blessés militaires des Armées de terre et de mer : *Assemblée générale.*
— Société des ingénieurs civils de France : *Bulletin,* B 1537; *Mémoires,* M 583.
— Société des mines d'Albi : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Société d'optique et de mécanique de haute précision : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société française de minéralogie : *Bulletin,* B 1685.
— Société française de Reports et Dépôts : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société française des distilleries de l'Indochine : *Assemblée générale annuelle des actionnaires.*
— Société française des électriciens : *Bulletin,* B 1644.
— Société générale de constructions électriques et mécaniques Als-Thom : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société géologique de France : *Bulletin,* B 1619; *Compte rendu sommaire des séances,* C 767; *Mémoires,* M 535.
— Société havraise d'énergie électrique : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société mathématique de France : *Bulletin,* B 1658.
— Société nationale d'acclimatation : *Bulletin,* B 1762.
— Société nationale d'horticulture de France : *Bulletin mensuel,* A 952.
— Société Saint-Raphaël : *Assemblées générales extraordinaire et ordinaire.*
— Sociétés de pharmacie de Paris et de province : **Annales pharmaceutiques françaises.**
— Statistique générale de la France : *Études démographiques.*
— Touring Club de France : *Circulaire.*
— Union géodésique et géophysique internationale. Association de géodésie : *Travaux de l'Association internationale de géodésie,* T 449[1].
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Écho* (*Documents et informations*), E 18; *Feuille documentaire; Fiches documentaires.*
— Union technique des syndicats de l'Électricité : *Voir* Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité.
— Urbaine (L'). Compagnie d'assurances contre l'incendie : *Comptes rendus des opérations à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— *Agence économique et financière.*

— *Annales de chimie*, A 832.
— *Annales de paléontologie*, A 1021.
— *Annales de physique*, A 832.
— *Annales des mines*, J 602.
— *Annales des ponts et chaussées*, A 1473.
— *Anthropologie (L')*, M 129.
— *Archives de physique biologique*, A 2142.
— *Archives hospitalières*, B 1003[A].
— *Bip (Bulletin d'informations pratiques)*, B 362[B].
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.
— *Corps gras. Savons.*
— *Exportateur (L') français*, E 483.
— *Information (L') universitaire*, J 179.
— *Journal de chimie physique*, J 368.
— *Journal de la Bourse.*
— *Journal de mathématiques pures et appliquées*, J 467.
— *Journal de pharmacie et de chimie*, B 1787.
— *Journal des savants*, J 621.
— *Molière. La défense médicale.*
— *Nature (La)*, N 52.
— *Progrès (Le) médical*, P 684.
— *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, R 1166.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.
— *Revue internationale des industries agricoles.*
— *Revue scientifique illustrée* (Revue rose), R 1216.
— *Scène et monde.*
— *Technique (La) moderne*, T 50.

ROUEN. — Société normande d'études préhistoriques : *Bulletin*, B 1694[2].
SAINT-BRIEUC. — Société d'émulation des Côtes du Nord : *Bulletins et Mémoires*, M 494.
SAINT-CYR-SUR-MER. — Institut d'optique : **Cahiers de physique.**
SAINT-ÉTIENNE. — Société de l'industrie minérale : *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.
TALENCE. — Observatoire : *Bulletin*, B 1032.
TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres : *Mémoires*, H 74.
— Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891.
VANNES. — Société polymatique du Morbihan : *Bulletin*, B 1712.

Allemagne.

BERLIN. — Preussische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen*, M 944; *Jahrbuch.*
— *Mathematische Annalen*, M 141.
BONN. — Naturhistorischer Verein der preussische Rheinlande und Westfalens : *Decheniana*, V 89.
BRAUNSCHWEIG. — *Meteorologische Zeitschrift*, Z 38.
DRESDE. — *Photographie und Forschung*, P 280[A].
GÖTTINGEN. — Akademie der Wissenschaften : *Gottingische gelehrte Anzeigen*, G 377; *Jahrbuch.*
— Id. Mathematisch-Physische Klasse : *Nachrichten*, N 5.
HALLE/SAAL. — Kaiserlich Leopoldinische Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher : *Nova acta Leopoldina (Abhandlungen)*, M 945.

LEIPZIG. — Sachsische Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Physische Klasse : *Berichte über die Verhandlungen*, B 185.

MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Abteilung : *Abhandlungen*, A 36; *Sitzungsberichte*, J 122.

POTSDAM. — Astrophysikalische Observatorium : **Mitteilungen**.

WIEN. — Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse : *Sitzungsberichte*, S 358.

— Deutschen meteorologischen Gesellschaft. (Osterreichische Gesellschaft für Meteorologie) : *Meteorologische Zeitschrift*, Z 38.

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899; *Mémoires*, M 440.

— Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État*, B 1995.

— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576; *Mémoires 2e série*.

— Office central de statistique : *Bulletin de statistique*, B 2535A.

LIÉGE. — Société géologique de Belgique : *Bulletin; Mémoires*, M 534.

— Université. Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101.

TERVUEREN. — Musée du Congo belge : *Annales*, A 1083.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Bulletin astronomique*, B 852A.

Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Geodaetisk Institut : *Meddelelse*, G 219B.

— Kgl. DanskeVidenskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Skrifter*, S 372; *Biologiske Meddelelser*, K 581; *Mathematisk-fysiske Meddelelser*, K 59; *Oversigt* (*Bulletin*), O 279.

— University. Zoological Museum : *The Danish Ingolf-Expedition*.

Espagne.

MADRID. — Consejo superior de investigaciones cientificas : *Trabajos del Instituto Cajal de investigaciones biologicas*.

— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908; *Boletin astronomico*, B 419A.

SAN FERNANDO. — Instituto y Observatorio de Marina : *Almanaque nautico*, A 555.

Finlande.

HELSINGFORS. — Commission géodésique baltique : *L'activité de la Commission géodésique baltique pendant les années* 1938-1941; *Sonderveröffentlichung*.

— Finnische Akademie der Wissenschaften. Geophysikalische Observatorium : *Veroffentlichungen*.

— Societas geographica fenniæ : *Fennia*, F 32.

— Societas scientarium fennica (Finska Vetenskaps Societeten) : *Acta*, A 139; *Årsbok-Vuosikirja*, S 3951; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och Folk*, B 318; *Commentationes physico-mathematicae*, C 573 *bis*.

HELSINGFORS. — Suomalainen Tiedeakatemia (Academia Scientiarum fennica) : *F. F. Communications.*

— Suomen geologinen Toimikunta : *Bulletin de la Commission géologique de Finlande,* B 1093 *bis.*

— *Suomen geodeettisen laitoksen Julkaisuja,* S 751.

Hongrie.

BUDAPEST. — Ungarische Akademie der Wissenschaften : *Mathematischer und natürwissenschaftlicher Anzeiger,* M 140.

SZEGED. — Universitate : *Acta universitatis szegediensis* (*Acta scientiarum mathematicarum*).

Italie.

CITTA DEL VATICANO. — Pontificia Academia scientiarum : *Acta.*

ROMA. — Agenzia internazionale di Stampa : *Doc* (*édition française*).

— Ente nazionale per la Industrie turistiche : *Viaggio in Italia* (*Italia*).

— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture,* B 1902.

— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : *Nuovi annali dell' agricoltura,* A 1131.

Monaco.

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin,* B 2015.

— Musée océanographique : *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier Prince souverain de Monaco.*

Norvège

BERGEN. — Museum : *Arbok,* B 118 *bis*; *Årsberetning,* B 118 *bis*; *Skrifter,* B 119.

OSLO. — Norske videnskaps-akademi : *Arbok,* N 222[2]; *Astrophysica Norvegica,* A 2490[1A]; *Geofysiske Publikasjoner,* G 221 *bis.*

— Id. Matematisk-naturvidenskapelig Klasse : *Avhandlingar,* A 2642 *bis*[3]; *Skrifter* S 375.

— Norwegische meteorologische Institute : *Jahrbuch* N 214.

— Universitetsbiblioteket : *Norske Tidsskrifter.*

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Nederlansche Akademie van Wetenschappen ; *Proceedings; Proceedings of the Section of Sciences,* K 81; *Verslag van de gewone vergadering der afdeeling natuurkunde,* V 131.

'S GRAVENHAGE. — Institut international de statistique : *Revue,* R 1124[B].

— Musée Teyler : *Archives,* A 2162.

HAARLEM. — Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale,* A 2184[A]; *Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux,* A 2185.

— Société néerlandaise de zoologie : *Archives néerlandaises de zoologie,* A 2184[B].

LEIDEN. — Sterrewacht : *Annalen,* A 784.

Portugal.

COIMBRA. — Universidade. Observatorio astronomico : *Efemérides astronómicas,* E 303.
— *Noticias farmacêuticas,* N 259[A].

LISBOA. — Academia das ciências : *Anuario academico,* A 78[1A].

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Académie des sciences : *Comptes rendus des séances; Memorii si monografii.*
— Societatea romana de fizica : *Buletinul,* B 777[B].

CLUJ. — *Revista enciclopedica* (*Revista periodica lunara*).

TIMISOARA. — École polytechnique : *Bulletin scientifique* (*Comptes rendus des séances de la Société scientifique*), B 2479[1B]; *Teza prezentatà facultàtii... pentru obtinerea gradului de doctor-inginer.*

Suède.

GÖTEBORG. — Kungl-Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang,* B 330[A]; *Handlingar,* B 330[A].

STOCKHOLM. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Botanik,* B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi,* B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik,* B 331; *Arkiv för Zoologi,* B 331; *Årsbok,* K 67; *Handlingar,* S 775; *Levnadsteckningar,* L 59 *bis; Skrifter i naturskyddsärenden,* K 67[1].
— Observatorium : *Annalen* (*Astronomiska iakttagelser och undersökningar à Stockholms observatorium*), A 2490.
— *Acta Mathematica,* A 126.
— *Les Prix Nobel.* P 483.

UPPSALA. — Regiæ Societatis Scientiarum Uppsaliensi (Kungl. Vetenskaps-Societeten) : *Årsbok,* A 2324; *Nova acta,* A 125.
— Université. Anatomische Institut : *Läkareförenings Förhandlingar,* U 212.
— Id. Geological Institution : *Bulletin,* B 2364.
— Id. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel,* B 2318; *Observations séismographiques,* O 81.
— *Zoologiska Bidrag från Uppsala,* Z 218.

Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta,* H 52.

GENÈVE. — Ligue des Sociétés de la Croix-Rouge. *Renseignements scientifiques d'hygiène, médecine et biologie.*
— Société de physique et d'histoire naturelle : *Mémoires,* M 511.
— Sociétés de la Croix-Rouge : *Revue internationale de la Croix-Rouge* (*Bulletin international*), B 2200.

LAUSANNE. — Société helvétique des sciences naturelles : *Mémoires,* D 37.
— Société vaudoise des sciences naturelles : *Mémoires,* M 558[1].

NEUCHATEL. — Institut Guébhard-Severine : *Annales Guébhard-Severine,* A 868[3].

Tchécoslovaquie.

PRAHA (PRAGUE). — Pražské Hvězdorny : *Publikace.*

ASIE.

Chine.

CHANGSHA (HUNAN). — Geological Survey of China : *Paleontologia sinica*, P 16 *bis*.
SHANGHAÏ. — Science Institute : *Journal* (*Studies from the Department of Bacteriology of Geology; of Hygiene; of Physics*), J 851[A].

Japon.

NAGASAKI. — Universita Medica Nagasakiensis : **Acta Medica Nagasakiensis.**
OSAKA. — Imperial University. Faculty of Medecine : *Collected Papers.*
RYOJUN. — College of Engineering : *Memoirs*, M 641[1].
SENDAI. — Saito Gratitude Foundation (Saito-Ho-On-Kai) : *Annual Report of the Work*, A 1814[1].
— Tôhoku Imperial University : *Science Reports*, S 215 *bis*.
— Id. Institut mathématique : *Tôhoku Mathematical Journal*, T 180.
TOKYO. — Agricultural Chemical Society of Japan : *Journal*, J 779[B].
— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1]
— Imperial Academy : *Proceedings*, P 554[1].
— Imperial University. Aeronautical Research Institute : *Report*, R 425[1].
— Id. Astronomical Observatory : *Astronomical Bulletin*, T 181[1].
— Id. Government Institute for Infectious Diseases : *Japanese Journal of Experimental Medicine*, J 245[ter 1A].
— Institute of Physical and Chemical Research : *Bulletin*, B 2377[1]; *Scientific Papers*, S 229.
— Japan Institute for Science of Labour : *Annual Report of the director.*
— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, J 245; *Japanese Journal of Botany*, J 245 *bis*; *Japanese Journal of Mathematics*, J 245[ter3]; *Japanese Journal of Medical Sciences*, J 245 *quater*.
— Physico-mathematical Society of Japan : *Proceedings*, T 184.

Manchoukuo.

HSINCHING. — Institute of Scientific Research Manchoukuo : *Report*, R 472[A].

AFRIQUE.

Afrique Occidentale française.

DAKAR. — Institut français d'Afrique Noire : Bulletin; **Mémoires.**

Algérie.

ALGER. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin; Mémoires*, M 450[1].

Maroc.

RABAT. — Institut Scientifique chérifien. Service de physique du globe et de météorologie : *Annales*.
— Société des sciences naturelles du Maroc : *Bulletin*, B 1576[1].

Tunisie.

TUNIS. — Direction des affaires économiques. Service botanique et agronomique : *Annales*.

AMERIQUE

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Instituto de medicina experimental para el estudio y tratamiento del Cancer : *Boletin; [Publications]*.

États-Unis.

ANN ARBOR. — University of Michigan. Observatory : *Publications*, D 149.
CHICAGO. — American Medical Association : *Archives of Dermatology and Syphilology*, J 730.
COLUMBIA. — Missouri Academy of Science : *Proceedings*.
COLUMBUS. — Ohio State University : (*Studies*). Biological Survey : *Bulletin*, O 152 *bis*[1].
GOLDEN. — Colorado School of Mines : *Quarterly*, Q 14[1].
WASHINGTON. — Department of Commerce. Bureau of Standards : *Handbook*, U 82[B].
— National Academy of Sciences : *Biographical Memoirs*, N 16; *Memoirs*, M 631.
— National Research Council : *Organization and Members*, N 27[A]; *Report*, A 1762[2].
— Smithsonian Institution. National Museum : *Proceedings*, P 612.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE **1944**

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 219.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

M

N

P

S

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

H

I

J

K

L

M

N

P

Q

R

S

U

V

W

Z